

20

Fecha de presentación: Mayo, 2023

Fecha de aceptación: Junio, 2023

Fecha de publicación: Agosto, 2023

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE UN SECTOR COSTERO DE CIENFUEGOS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE ZONAS COSTERAS

ENVIRONMENTAL ZONING OF A COASTAL SECTOR OF THE CITY OF CIENFUEGOS FOR THE INTEGRATED MANAGEMENT OF COASTAL ZONES

Víctor Manuel Navarro Falcón¹

E-mail: victorm@gestion.ceac.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4288-9947>

Yudexi Jiménez González¹

E-mail: yudexijimenez@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6441-1958>

Rosmery Vera Carroza²

E-mail: rvera@fpcf.fgr.gob.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4045-742X>

Militza Villa Janeiro²

E-mail: mvilla@fpcf.fgr.gob.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4850-7057>

¹Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cienfuegos. Cuba

²Fiscalía Municipal, Cienfuegos. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

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. <http://rccd.ucf.edu.cu/index.php/rccd>

RESUMEN

Para la futura implementación de un Manejo Integrado de Zonas Costeras, planes de gestión socio-económica y ambiental sustentables en el sector costero Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés de la ciudad de Cienfuegos, existen vacíos de conocimiento. Para solucionarlos, esta investigación tuvo como objetivo efectuar una zonificación ambiental y un análisis integral de la dinámica de funcionamiento ambiental. El sector se subdividió en tramos homogéneos para facilitar la comparación espacial y analizar las interrelaciones. Cada tramo se caracterizó según la manifestación, propiedades, modificación antrópica y variación de sus componentes físico-geográficos. Se precisaron los agentes naturales, procesos e impactos ambientales incidentes. Como resultados, se obtuvo la zonificación ambiental del sector Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés y un informe actualizado de caracterización físico-geográfica como línea base ambiental. Se definió la dinámica de funcionamiento ambiental y sistémico. Pese a su tamaño reducido, el sector mostró alta diferenciación espacial, diversidad de componentes y alta complejidad estructural interna. La antropización alteró mucho sus propiedades originales. Presentó una diversidad relativamente alta de procesos, aspectos ambientales y agentes naturales. Su dinámica de funcionamiento ambiental fue activa y compleja, por la triple influencia marino-terrestre-fluvial, sus flujos biogeoquímicos, y su diversidad intrínseca interna.

Palabras clave:

Manejo Integrado de Zonas Costeras, zonificación, caracterización físico-geográfica, dinámica ambiental, Cienfuegos

ABSTRACT

For the future implementation of an Integrated Management of Coastal Zones (IMCZ), sustain-able socio-economic and environmental management plans in the coastal sector Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés in the city of Cienfuegos, there are knowledge lacks. To solve them, this research aimed to carry out an environmental zoning, and a comprehensive analysis of the dynamics of environmental functioning. The sector was subdivided into homogeneous sections, to facilitate spatial comparison, and analyze interrelationships. Each section was characterized according to the manifestation, properties, anthropic modification and variation of its physical-geographical components. The natural agents, processes and incident environmental impacts were defined. As results, the environmental zoning of the Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés sector and an updated physical-geographical characterization report as an environmental baseline were obtained. The dynamics of environmental and systemic functioning were defined. Despite its small size, the sector showed high spatial differentiation, diversity of components, and high internal structural complexity. Anthropization greatly altered its original properties. It presented a relatively high diversity of processes, environmental aspects and natural agents. Its dynamics of environmental functioning was active and complex, due to the triple marine-terrestrial-fluvial influence, its biogeochemical flows and its internal intrinsic diversity.

Keywords:

Integrated Management of Coastal Zones, zoning, physical-geographical characterization, environmental dynamics, Cienfuegos

INTRODUCCIÓN

La interrelación entre los componentes físico-geográficos de las zonas litorales, crea diferentes condiciones ambientales, situaciones y desafíos, que influyen en la sociedad que se desenvuelve en ellas, y permiten distinguir territorios a partir de la diferente manifestación y situación espacial. La diversidad de características físico-geográficas, limitantes, problemas ambientales, potencialidades endógenas y usos económicos confluyentes en las zonas litorales, requiere tratamientos diferenciados según las distintas realidades de cada territorio, para ponerlos a todos en igualdad y potenciar su desarrollo equitativo, en base a sus recursos internos y sinergias endógenas.

El Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) es uno de los enfoques más importantes para ejecutar acciones dirigidas a lograr un desarrollo sustentable. Se basa en una adecuada integración y armonización de políticas sectoriales para la gestión de la zona costera, buscando minimizar los conflictos que puedan suscitarse. Permite balancear el desarrollo de actividades socio-económicas en ecosistemas costeros, sin comprometer la sostenibilidad y existencia de los valores naturales.

Cienfuegos es una ciudad situada en la península de Majagua, bordeando la bahía de Jagua, al centro sur de Cuba. Se extiende en un sistema costero poco ondulado, rico en puntas y ensenadas (Neninger, & García, 2019). Dentro de Cienfuegos, se tomó como área de estudio al sector costero que va desde la calle La Mar hasta la desembocadura del arroyo inglés. Bordea la línea de costa de los consejos populares de Reina, Centro Histórico y Punta Cotica.

Es una de las zonas más densamente pobladas, extensivamente urbanizadas y abarca mucha infraestructura antigua y patrimonial. Por su población residente, edificaciones de valor socio-económico, recursos y localización costera, es un sector muy vulnerable a la degradación, problemas ambientales, peligros naturales o tecnológicos. Acoge múltiples usos y usuarios socio-económicos, que complejizan la gestión del territorio como totalidad espacial.

La coexistencia de actores sociales, aunque contribuyen al desarrollo socioeconómico urbano, han desencadenado graves afectaciones ambientales, a la calidad de vida y alteraciones a la zona costera. Esto se debe a que el manejo de los recursos naturales, las decisiones y acciones de estos actores, no han sido con una adecuada gestión integral del desarrollo, o medidas acordes a la capacidad del sector. El sector es atractivo, estratégico y de interés para el MIZC, a fin de revertir esto mediante estrategias integradas o planes de ordenamiento ambiental.

Para el desarrollo e implementación de un programa de MIZC en el sector urbano Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés, existe carencia de conocimiento. Para la efectividad de las medidas de mejoramiento y rehabilitación, urge examinar previamente las realidades y diferencias espaciales existentes. Según Navarro (2020), deben conocerse las características y variación espacial de los componentes físico-geográficos convergentes, y analizarse la dinámica de funcionamiento ambiental e interrelación entre ellos, dado el carácter sistémico de los ecosistemas.

Existen antecedentes de estudios con enfoque de MIZC para la ciudad de Cienfuegos (Fabregat, et.al, 2011; León, et al., 2016), en cuyo marco teórico y metodología se apoyó esta investigación. No obstante, como espacio urbano dentro de ella, ninguno ha sido efectuado específicamente para el sector Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés, o ha tocado estos aspectos en él. Una investigación para ese sector urbano-costero no tiene antecedentes directos. De este modo, las insuficiencias en el conocimiento de las características físico-geográficas, dinámica de funcionamiento e interrelación sistémica de los componentes, para el sector costero de Calle La Mar-Desembocadura del arroyo inglés en específico, limitan la gestión ambiental para el uso sostenible y la toma de decisiones para un MIZC de ese territorio.

Por lo anterior, esta investigación se propuso como objetivo principal: Efectuar con una visión integral la zonificación ambiental del sector costero Calle La Mar-Desembocadura del arroyo inglés, como aporte para el MIZC en la urbe de Cienfuegos, o el sector como territorio estratégico. Para cumplir ese objetivo, la investigación se trazó como objetivos específicos:

- Caracterizar los componentes físico-geográficos y su variación espacial de modo comparativo.
- Definir la dinámica ambiental de funcionamiento sistémico del sector como integridad.

DESARROLLO

Marco teórico

El MIZC se define como: *“proceso integrado de formulación de estrategias y adopción de decisiones, en que deben participar todos los sectores interesados, para fomentar la compatibilidad y el equilibrio entre los distintos usos de los recursos costeros”* (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992, citado por Seisdedo, 2003). Según Cicin-Sain, & Knecht (1998) es *“un proceso dinámico y progresivo de toma de decisiones para asegurar el uso sustentable, el desarrollo y la conservación. Está diseñado para superar la fragmentación inherente en la aproximación al manejo, desde una visión sectorial y la división de las distintas jurisdicciones entre los niveles de gobierno en la interfase tierra-agua. Busca asegurar que las decisiones de los sectores socio-económicos y niveles gubernamentales estén en armonía y sean consecuentes con la política costera de una nación. Para el MIZC es clave el diseño de procesos institucionales para acompañar esta armonización”*.

De acuerdo con Mouso, et.al, (2019) es una vía acertada para lograr una explotación racional, uso adecuado de los recursos y conciliar los intereses de los usuarios de zonas costeras. En Cuba, el MIZC encuentra su base legal en el Decreto-Ley No. 212/2000 “Gestión de la Zona Costera”. Este instrumento jurídico define a la zona costera como: “la franja marítimo-terrestre de ancho variable donde se produce la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos naturales” (Consejo de Estado, 2000).

Metodología y pasos para la consecución de los resultados

La metodología y pasos de investigación seguidos para la consecución de los objetivos fueron: Sectorizar el sector costero Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés en tramos delimitables y diferenciables entre sí, a partir de las diferencias y variación espacial de los componentes físico-geográficos y sus procesos naturales. Esto facilitó la comparación espacial y un examen más detallado. En cada tramo se caracterizaron los componentes según su tipo, características, complejidad, diversidad, variación, diferenciación espacial, grado de modificación e impacto antrópico. Para el análisis de la dinámica de funcionamiento ambiental del sector y la interrelación sistémica de los componentes, se analizó la manifestación, interrelación e interacción de los agentes naturales, procesos y aspectos ambientales del sector, a partir de sus componentes de origen.

Como límite tierra adentro para el análisis, se tomó una distancia de 300 m a partir de la línea de costa, para abarcar el territorio con influencia marino costera directa y bajo impacto de problemas de índole ambiental vinculados a la bahía.

Las técnicas usadas para la investigación del sector de estudio fueron: observación in situ, entrevistas y encuestas a los moradores, toma de fotografías, interpretación de procesos a criterio de expertos, recorrido de campo (para el levantamiento de información en el terreno), comprobación de fenómenos y revisión bibliográfica.

Las herramientas usadas fueron: Encuestas (para complementar la percepción social del medio natural y sus procesos), cámaras fotográficas (NIKON D3500), sistema de información geográfica software QGIS Zurich versión 3.18 (para confeccionar el mapa de representación gráfica y localización de los tramos), capas cartográficas .SHP (para la sectorización por tramos).

Dinámica de funcionamiento natural del sector. Relación entre componentes físico-geográficos, procesos naturales y antrópicos y aspectos ambientales.

Los componentes físico-geográficos interactúan entre sí y funcionan como proveedores de sustancias e información, materia y energía (IME) al medio. Los agentes geográficos garantizan estas interacciones, flujos y relaciones. Son causantes o impulsores de la transformación y cambios en las características, propiedades y configuración de los componentes. Se encargan de redistribuir la IME y establecer lazos conectores y flujos biogeoquímicos.

Según González (2015) los flujos o ciclos biogeoquímicos derivan del movimiento cíclico de los elementos que crean los organismos vivos, el ambiente geológico donde se desarrollan y sus cambios químicos. Es el intercambio de IME y sustancias químicas, entre formas bióticas y abióticas. Incluye los movimientos de agua, carbono, azufre, oxígeno, nitrógeno, fósforo, y otros elementos de forma permanente entre ellos. Los flujos garantizan que estos sigan circulando, en forma cíclica y periódica, volviéndolos asimilables para que los organismos puedan seguir aprovechándolos. Los ciclos pueden ser gaseosos, sedimentarios, acuáticos

o mixtos. En la cadena trófica, circula energía para formar nuevas sustancias y materia orgánica en los ecosistemas.

Según Conesa, & Conesa (2011), los aspectos ambientales son elementos (naturales o antrópicos) de una actividad que interactúa con el ambiente, o procesos que alteran las propiedades originales o previas de los componentes físico-geográficos. Esos procesos geográficos que impulsan los agentes, son acciones que conllevan a la transformación de los componentes, modelan su composición, originando diversidad, diferenciación y complejidad de manifestaciones de los componentes.

El impacto (que no necesariamente es dañino) es la manifestación, temporal o permanente, de los procesos incidentes en interacción con el entorno bio-físico-químico y físico-geográficos. Son los impactos que causa un proceso geográfico o aspecto ambiental; el resultado en sí, de la transformación y alteración de los componentes del territorio y sus características.

Un problema ambiental es cualquier alteración del ecosistema que cause desequilibrio en un ambiente dado, afectando negativamente a sus componentes y especialmente al humano. Pueden ser un aspecto ambiental, impacto o acción más específica, pero siempre negativo o perjudicial (esa es su principal diferencia con los aspectos ambientales) (Ecured, 2022).

Se usó a criterio de experto un enfoque integrador para ese análisis. Los componentes geológicos, geomorfológico y suelos, se unificaron en uno macro, debido a la estrecha interrelación e interdependencia que presentan. Aunque sus procesos ambientales y agentes naturales en muchos casos son diferentes, comparten impactos, se modifican directamente y la dinámica de flujos e intercambios de IME es parecida. Para no redundar, se decidió unificarlos. Igual se hizo con los componentes hidrológico y climático. En la caracterización físico-geográfica sí se analizaron por separado.

Diferenciación del sector de estudio por tramos (zonificación ambiental).

La sectorización permitió determinar territorios más homogéneos para un mejor análisis territorial y comparación espacial. A partir de las características, la diferenciación y variación espacial de los componentes físico-geográficos, y la configuración del relieve observado en el recorrido de campo, se pudo zonificar el sector Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés en 5 tramos costeros diferenciables entre sí. Además, se consideraron las diferencias de urbanización y transformación espacial entre ellos, para su caracterización (Navarro, et al., 2022):

1. Desde la intersección de calle La Mar con la calle 35 hasta la intersección de La Mar con el final de la calle 13: Costa erosiva totalmente urbanizada, con orillas artificiales, flanqueada por formas de relieve antrópico y soluciones ingenieriles. El histórico proceso de urbanización cambió drásticamente el perfil, morfología y configuración costera original. Ha sido objeto de rellenos, deposición de material, aplanamientos y acciones ingenieriles; para convertir en un sitio urbanizable el hábitat original de manglares. La costa pasó de ser

históricamente arenoso-cenagosa, acumulativa, a ser antrópica, erosiva, con fondo más profundo por los dragados. El malecón supuso una rectificación artificial de la línea costera, ganancia de tierra al mar y avance de la costa mar adentro. La protege contra los agentes, peligros naturales y previene la erosión.

2. Desde el final de la calle 13, hasta el final de la calle 9, por el norte: Se distingue por ser una costa acumulativa, con sedimentos carbonatados biogénicos (arenas, conchas); y fondo bajo con iguales rasgos. Es el segundo tramo con mayor nivel de naturalidad. Mantiene franjas de mangle, vegetación protectora de la duna, y pequeñas playas de arena calcárea y origen biogénico marino. Su configuración costera es más irregular y baja: destacan las puntas Majagua y Arenas. Presenta instalaciones y estructuras abandonadas (muelles y pecios). La mayoría de las casas forman hileras aisladas tierra adentro, pero algunas están edificadas a menos de 2 m de la línea de costa, sobre la duna y sedimentos, ocasionando erosión costera localizada.
3. Desde la intersección de la calle 9 y avenida 58, bordeando la costa, hasta el final de la calle 35 en el mar: Costa erosivo-acumulativa, con orillas de arenas calcáreas de origen biogénico marino, sin llegar a ser playas. Los fondos son bajos, con sedimentos carbonatados biogénicos (arenas y conchas). Es unos centímetros más alta en relación al tramo 2 (sin descartarse de que sea por algún relleno). Como accidente costero destaca punta Cotica. Este es un tramo urbanizado, sin cambios drásticos en la configuración, rectificaciones, ni orillas artificiales. Presenta relieve antrópico, sin llegar al nivel de antropización del tramo 1. Las edificaciones están a menos de 2 m de la línea de costa, causando igual efecto que en el tramo 2. Ha perdido la franja continua protectora de bosque de mangle; quedan parches aislados y juveniles.
4. Desde la calle 35 en el mar hasta la desembocadura del arroyo inglés (orilla sur): Línea de costa totalmente de origen antrópico (artificial), alta, abrasivo-erosiva (con relleno y sedimentos terrígenos aportados por el arroyo). Bordea la Doble Vía. Las obras de protección provocaron que la costa actual sea relativamente alta (cerca de 2 m) desde el nivel del mar hasta la Doble Vía, con pendientes mayores a 45°. La llanura cambió su génesis marina a una génesis antrópica, por los rellenos y acciones ingenieriles descritos para hacer urbanizable el manglar original. La urbanización y construcción de la Doble Vía causó una rectificación, algunos cambios artificiales en la configuración costera, la dinámica original y ganancia de tierras al mar, por la construcción de una carretera elevada para extender la calle 37.
5. Arroyo el inglés: Costa cenagosa de origen biogénico acumulativo. Ocupa el estuario y litoral del arroyo inglés. Tramo muy bajo, plano, cenagoso, con sedimentos palustres de origen biogénico, fluvio-terrágenos y materia orgánica en descomposición. Conserva condiciones seminaturales, sin edificaciones o relieve antrópico salvo la Doble Vía. Es el relicto de lo que en su origen era el tramo 4. Presenta una interface y mezcla de

aguas salada y dulce. Es el tramo que mejor mantiene su vegetación protectora original, y el mejor protegido ante eventos meteorológicos y agentes litorales.

Para ilustrar más representativamente la localización de los tramos y el sector de estudio, se confeccionó el mapa de la figura 1.

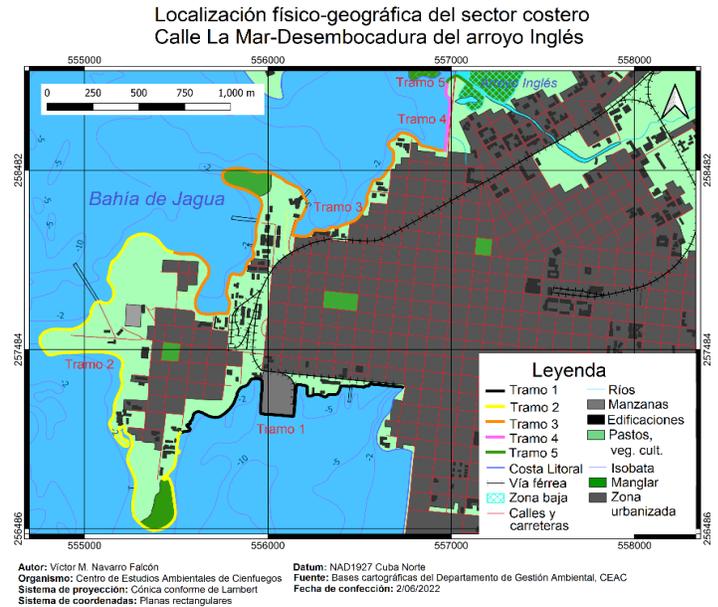


Figura 1.

Mapa de localización geográfica del sector de estudio dentro de la ciudad de Cienfuegos, y sus tramos delimitados.

Fuente: (Navarro, et al., 2022).

Análisis y caracterización físico-geográfica del sector costero Calle La Mar-Desembocadura del arroyo inglés

Geología y litología

El área de estudio se localiza en la zona estructuro-facial de la depresión de Cienfuegos, sita en la microplaca tectónica cubana, dentro de la placa norteamericana. La sismicidad es baja; no se describen fallas o sistemas de fractura. Originalmente, el basamento estaba estructurado por sedimentos y depósitos terrígenos y carbonatado-terrágenos del Holoceno (antigüedad menor a 5000 años). La línea costera presenta sedimentos carbonatados del Holoceno (arena y grava), de origen biogénico-coralino y génesis marina (Instituto Cubano de Geología y Paleontología [IGP], 2006). En torno al arroyo inglés yacen sedimentos palustres (génesis aluvio-deluvial o biogénica) y terrígenos del Holoceno (cieno, limo, arcilla, arena y grava) y materia orgánica en putrefacción.

Según el IGP (2006), la formación Caonao subyace al material palustre-marginal y gravo-arenoso holocénico donde está el sector de estudio. Su edad relativa es Oligoceno y se compone de lentes de calizas, con una sucesión de sedimentos (arcilla, limo, rocas y tierra) terrígenos, terrígeno-carbonatados y carbonatados. No obstante, el sector ha sido muy alterado por rellenos de materiales, aplanamientos, excavaciones para cimientos, depósitos de escombros, rocas y sedimentos para ganar terreno al mar y

crear un sustrato más estable, capaz de soportar el desarrollo constructivo. Al menos a nivel superficial, la geología y litología es de origen antrópico, con mezclas y conglomerados de origen variable.

Geomorfología o relieve

El área de estudio es una llanura costera muy plana, baja, con las mayores cotas en el extremo oeste. Se ubica en la península de Majagua, con orientación Este-Oeste. La llanura data del Holoceno; es de génesis marina y tectónico-acumulativa, formada por la deposición de sedimentos de zonas más altas. Sobre ella también se difunden pequeñas playas arenosas, formadas por la labor protectora antierosiva del mangle, vertidos de material arenoso de los dragados del puerto, y la deposición de sedimentos por la deriva litoral y las corrientes marinas que se ralentizan contra el fondo bajo del tramo 2. Tiene tres accidentes costeros terrestres bien diferenciados: punta Majagua, punta Arenas y punta Cotica. El antiguo cayo Loco está totalmente unido a tierra firme, formando otra punta artificial. En la bahía de Jagua, los accidentes litorales marinos son: ensenada Marsillán, al sur; al norte de punta Arenas, las ensenadas de: Venancio, Bouyón y El Inglés (ver figura 1). La pendiente buza ligeramente hacia el Oeste, con dos flujos de escurrimiento: hacia el Norte y el Sur. El grado de disección es muy bajo.

La longitud total de la línea de costa del sector de estudio es de 9,5 km. La costa alcanzó su configuración actual tras la última subida del nivel del mar. Originalmente en su génesis es de tipo compuesta y de sumersión (actualmente la antropización es el elemento primordial y más impactante). En la morfología costera se distinguieron dos secciones: al norte una configuración cóncava, sinuosa y relativamente irregular; al sur es más convexa, regular a causa de rectificaciones artificiales (su único entrante es la ensenada Marsillán, su único saliente es punta Majagua). El relieve de origen fluvial lo integra el arroyo inglés, su cauce, estuario, desembocadura (con un ancho menor a 30 m) y una llanura de inundación formada por sedimentos transportados y depositados por el arroyo (llanura cenagosa de los tramos 4 y 5).

El sector está casi completamente urbanizado, con predominio actual del relieve antrópico sobre el relieve natural. Este se manifiesta con infraestructuras residenciales o socio-económicas. El relieve natural ha presentado cambios (rellenos, aplanamientos, pavimentación). Estructuras como muelles, un talud elevado de protección costera y estructural de la Doble Vía (tramo 4), son reconfiguraciones artificiales a la línea costera original que alteraron su morfodinámica (movimiento e impacto de los procesos litorales originales). La línea costera en los tramos 1 y 4 está flanqueada por calles y soluciones ingenieriles antierosivas (como un malecón, elemento estético y protector). Para protegerla de la acción erosiva del oleaje, penetraciones marinas, huracanes y disipar su fuerza destructiva, en el tramo 1 el malecón ha sido reforzado con pendientes de hormigón.

Suelos

La investigación arrojó que los suelos originales son pardos con carbonato, areno-limosos. En profundidad presentan nódulos de caliza biogénica, ablandados por la saturación. Otros suelos, formados por la meteorización de calizas de la formación Caonao, son más carbonatados (Hernández, et al., 2015). El suelo actual del sector se clasificó como antrosol, siendo un basamento artificial producto de excavaciones, depósitos de escombros y rellenos hechos para consolidar el sustrato y eliminar el nivel de humedad original. Al enclavarse en una zona urbana, están profundamente modificados e influidos por las actividades y usos antrópicos desarrollados. Por su localización costera, se intuyó que tienen altos niveles de salinidad y saturación de humedad.

Los suelos del tramo 5 se clasificaron como histosoles. Se formaron en condiciones anóxicas y tienen carácter pastoso, alto grado de humedad, mayor concentración de materia orgánica en descomposición y sedimentos arcillo-limosos. En partes bajas de las riberas y la llanura de inundación del arroyo inglés, pueden aparecer suelos aluviales (fluvisoles). Son de origen fluvial, formados por sedimentos de génesis diversa, transportados y depositados por corrientes de agua, poseyendo algo de materia orgánica, alta saturación de humedad y alto contenido de arcilla y arena (Hernández, et al., 2015). Las playas poseen arenas y grava carbonatado-calcáreas de origen biogénico.

Hidrología e hidrografía

El principal elemento hidrográfico es la bahía de Jagua. Es una bahía de bolsa o cerrada de 88 km². El fondo que bordea el área investigada es bastante bajo, con sustrato calcáreo biogénico (arena y grava) y sedimentos terrígenos depositados por ríos, arroyos y el escurrimiento superficial. Constituye una rasa mareal, o plataforma submarina aplanada y baja, formada por la abrasión y constante roce de los sedimentos sobre el fondo por el oleaje.

El sector se halla en el llamado lóbulo norte de la bahía, caracterizado por una mayor influencia de las aguas terrestres vertidas, corrientes oceánicas más tenues, fondos más someros, más influencia costera y oleaje más débil. La deriva litoral es la circulación marina local que se da por influencia del oleaje, en forma de una corriente débil paralela a la costa, que transporta sedimentos (Seco, 2004). Se comprobó que las corrientes marinas y la deriva litoral, toman rumbo de Sureste a Noroeste y Este-Oeste, con flujo circular en la ensenada del inglés y algo menos en las de Bouyón y Marsillán. Llegan al sector desde el canal de entrada de la bahía y se desplazan en un movimiento circular en dirección Oeste. Son más fuertes en la ensenada Marsillán, por estar más cerca del centro de la bahía y se ralentizan en la parte norte del sector, por ser más bajos los fondos, las ensenadas estar más protegidas, adentradas en tierra y los fondos ser más bajos.

Los vientos crean un tren de olas en dirección Sur-Norte o Sur-Noroeste con oleaje de pequeño a moderado. El oleaje es menor en el norte (ensenadas Bouyón y del inglés). El tren de olas establece una deriva litoral hacia el Oeste; que

sigue la dirección de las corrientes. Las mareas no tienen gran significancia, con una variación promedio de 0,2 m.

El único elemento hidrológico del área de estudio es el arroyo inglés. Es un río de tercer orden, cuya lenta corriente desemboca en un estuario. No existen arroyos intermitentes ni aguas subterráneas. La red de drenaje natural (arroyos o vaguadas) que existía, como cañadas, vaguadas y líneas de escurrimiento, fue alterada totalmente. Por el proceso de urbanización y las alteraciones al relieve original (rellenos, aplanamientos y pavimentación) se creó una red de drenaje artificial: el drenaje pluvial ocurre mediante la red de alcantarillado y las calles. Se intuyó que existe presencia de salinización e intrusión salina.

Climatología

El clima en Cuba es tropical estacionalmente húmedo, con dos estaciones climáticas definidas: una temporada de sequía (noviembre a abril) y otra lluviosa (mayo a octubre). El promedio anual de lluvia es de 1304 mm/año. Las temperaturas alcanzan valores medios anuales de 25-26°C. En verano la máxima media anual es de 31-32°C; y 23-20°C en invierno. La variación diaria de temperatura es mayor que la anual. En verano influyen bajas presiones ecuatoriales, vaguadas con inestabilidad y procesos convectivos que causan lluvias. En invierno la mayoría de las lluvias se asocian al arribo de frentes fríos. La humedad relativa media es alta (80% en promedio); otorga una intensa sensación de calor durante el año. La costa es propensa a sufrir huracanes de junio a noviembre (fuente importante de lluvia). Las últimas tendencias apuntan a una disminución de las precipitaciones, aumento de las temperaturas, demoras en ciclos estacionales y sequías más frecuentes con respecto a los registros históricos (EcuRed, 2022b).

La dirección preponderante de los vientos es del Noreste al Sureste (alisios). Se comprobó influencia de corrientes circulatorias locales (brisa marina durante el día y el terral en la noche). Ocurren por la diferencia de calentamiento de las masas de aire sobre la tierra y el mar, y complejizan la dinámica de los vientos. Según Navarro (2020), la circulación atmosférica establece flujos biogeoquímicos entre ambos ambientes. De día, la brisa marina transporta sedimentos, sustancias orgánicas y químicas (como sal) desde el mar. De noche la dirección del flujo de aire se invierte (el terral).

Las altas temperaturas evaporan gran cantidad de humedad desde el mar; favorecen lluvias y mayor sensación térmica en verano. La ubicación costera del sector, hace al mar un importante moderador del clima, manteniendo temperaturas en un rango más estable. Las corrientes marinas redistribuyen la temperatura del agua de la bahía. Al ser una bahía de bolsa, al estar más estancada el agua se calienta más que en mar abierto, aportando más calor en la noche (Nekliukova, 1984, citado por Navarro, et al., 2022). Esto incide en la sensación de calor de Cienfuegos como urbe costera.

Componente biótico

El recorrido de campo pudo definir tres tipos de vegetación: natural, cultural o antrópica, y secundaria. La última fue el

tipo dominante y más extendido en el sector, por el nivel de transformación y antropización. Actualmente no quedan grandes parches de vegetación natural; toda ha sido de algún modo afectada por la urbanización. Se observaron tres parques (aspecto positivo para proteger mejor los valores naturales remanentes y hábitat de animales). El sistema de arbolado urbano adolece de diversidad botánica; solo se identificaron unas pocas especies de modo repetitivo, con árboles viejos y parterres vacíos.

La vegetación natural más representativa que se observó son los manglares (las tres especies descritas en Cuba). Se sitúan a lo largo de los cinco tramos, pero en disposición discontinua. El tramo 2 es donde mejor se evidenció su labor como potenciador de la sedimentación, amortiguador y protector ante la erosión costera de los agentes litorales. También hay parches de matorral xeromorfo costero y complejo de vegetación de costa arenosa. Este último y la franja de mangle relativamente continua han permitido mantener ahí las playas mejor conservadas del sector. Fuera del manglar, las especies autóctonas están casi siempre en pequeños grupos, sin una contigüidad o extensión importante que garantice la biodiversidad natural. Dispersos por el área urbana, quedan árboles aislados de vegetación natural original. (Navarro, et al., 2022).

La vegetación antrópica o cultural, es aquella plantada artificialmente y desarrollada con fines ornamentales, comerciales o productivos. Se manifestó en jardines privados, parterres en las calles, pequeñas parcelas con cultivos, plantas ornamentales, florales, y patios con frutales. También hay frutales flanqueando las calles.

La vegetación secundaria también se conoce como invasora. Es más adaptable y resistente, desplazando a la flora nativa. Se ha desarrollado de modo silvestre en áreas antiguamente cultivadas, pero que fueron abandonadas sin un proceso de reforestación de su flora nativa, para restaurar y salvaguardar la diversidad biológica y hábitat original.

Los fondos someros de la bahía están ocupados por algas del género *Ulva* en los sustratos rocosos; y *Thalassia* y *Sargassum* en fondos arenosos. Se identificó presencia de microalgas, dado el color verdoso o turbio en muchas aguas estancadas. Esto denota florecimientos algales masivos, por la alta eutrofización existente que ha alterado el hábitat natural dulceacuícola. En el arroyo inglés esto es muy acentuado por sus descargas de contaminación, alta presencia de materia orgánica, materia en descomposición y sedimentos.

El tramo 1 es donde menos se observó vegetación, al ser la parte más urbanizada. Predomina la cultural y luego la secundaria. En el parque de la Aduana se vieron *Ficus*, palmas reales (especie nativa pero no típica de la costa). El mangle es casi inexistente. En el límite tierra adentro se notó una pequeña población reforestada de árboles de jagua. El tramo 2 se perfiló como el de mayor complejidad botánica. Se percibió bastante mezcla con vegetación secundaria y los únicos parches de vegetación cultural con importancia económica del sector (cultivos y frutales en patios domésticos), incluso pastos. Posee la más extensa superficie de mangle y vegetación de costa arenosa. Domina la vegetación secundaria y luego la natural (por el mangle).

En el tramo 3 dominó la vegetación secundaria sobre la cultural. En las orillas arenosas se identificó vegetación secundaria y una franja fragmentada y delgada de mangle. En el tramo 4 se notó la mayor extensión de vegetación cultural y ornamental, con predominio en parterres y el parque Ramón González Guerra. Destaca la delgada faja de mangle y almendros al lado de la Doble Vía. Tierra adentro, las especies nativas están casi desplazadas por la vegetación secundaria. El tramo 5 es el de más representación de especies nativas y el único donde imperó la vegetación natural. Es el que mejor conserva la vegetación original protectora, con gran extensión de mangle, individuos aislados de vegetación secundaria y restos de bosque de galería flanqueando el arroyo inglés.

Dinámica de funcionamiento del sector. Agentes naturales potenciadores de los flujos de IME y nutrientes. Procesos y aspectos ambientales incidentes

El componente geólogo-geomorfológico condiciona la estructura y base primaria de la costa, que luego será

Tabla 1.

Relación entre los componentes físico-geográficos de origen y su diversidad de procesos naturales, antrópicos e impactos ambientales causados en el sector de estudio.

Componente	Agentes naturales	Aspectos y procesos ambientales	Impactos ambientales
Hidro-climático	Origen marino: Mareas, corrientes marinas, olas, deriva litoral. Origen fluvial: Arroyos y líneas de escurrimiento intermitente. Origen climático: Temperatura, humedad, lluvia Origen climático-eólico: Terral, brisa marina, viento, huracanes, rachas de viento	Erosión, abrasión, corrosión, deflación Disolución, oxidación, hidrólisis, hidratación Desintegración de rocas y formas de relieve Transporte litoral (suspensión, saltación y arrastre) Transporte eólico Deposición Flujos biogeoquímicos y de IME en el medio acuático Efecto invernadero Cambio climático Circulación atmosférica	Cambio en patrones de lluvia y ciclos pluviométricos Subida del nivel del mar Inundaciones y marejadas por eventos meteorológicos extremos Cambio en la circulación de IME y flujo biogeoquímico Huracanes, tornados, trombas marinas Cambio en propiedades químicas de: aguas terrestres, marinas y aire Penetración salina Aumento de la temperatura Cambios en parámetros costeros y climáticos Clima actual Papel de la bahía como regulador del clima
Geólogo-geomorfológico	Placas tectónicas y tectonismo Humanos Sismos Agentes erosivos (seres vivos, rocas, agua superficial y subterránea) Gravedad Tiempo Agentes litorales Eventos meteorológicos Tipo de relieve previo y características Clima Composición geológica y litología previa Seres vivos	Movimiento de placas tectónicas (Tectonismo) Basculamiento de bloques tectónicos Intemperismo (químico y físico), erosión, abrasión, denudación, agrietamiento. Transporte Deposición o acumulación de materiales Actividad y modificación humana Movimientos del terreno Flujos biogeoquímicos y circulación de sustancias Colmatación y acumulación de sedimentos en cauces y bahía Pedogénesis (formación de suelos) Flujos de IME	Alteración de la red de drenaje natural Movimiento glacioeustático Procesos de artificialización y antropización del espacio Proceso de construcción y destrucción de formas de relieve (natural y antrópico) Subsidencia o levantamiento del terreno Sustitución-pérdida de elementos naturales Modificación del relieve (causa antrópica o natural) Socavamiento y cambios en la configuración de la costa Cambios en la extensión e intensidad de los procesos de erosión y acumulación Cambios en ciclos biogeoquímicos y circulación de sustancias Formación y desintegración de minerales y rocas Formación / alteración del suelo

modificada por los agentes litorales y el componente hidro-climático. Debido a la configuración físico-geográfica de la costa y características de los componentes, pudo determinarse que en el sector inciden agentes dinamizadores, que potencian intercambios biogeoquímicos entre los sistemas terrestre-marítimo-fluvial, y entre las zonas profundas, someras y costeras. Tienden a crear flujos de IME que establecen dinámicas y cambios ambientales mediante los procesos litorales. Los componentes físico-geográficos los potencian, por interrelación mutua, con un destacado papel en el caso del hidro-climático por su dinamismo.

Estos suministran, facilitan, distribuyen, reajustan o disipan la mayoría de la energía y fuerza de los agentes y procesos. Los agentes naturales originan cambios litorales en la forma y configuración costera, o tendencia a mantener la actual. La influencia e impacto se presentó por componentes. El resultado permitió determinar los elementos que condicionan la dinámica de funcionamiento natural del sector (ver tabla 1).

Biológico	Plantas Animales Bacterias Protistas Humanos	Migraciones y movilidad de los agentes biológicos Intercambio de materia orgánica Ciclo de vida de los agentes biológicos Actividad y modificación humana Estabilización de sedimentos Descomposición y acumulación de materia orgánica, turba y detritus Erosión, arrastre denudación, (por causa antrópica) Ciclos biogeoquímicos y circulación de sustancias Intemperismo Actividad y modificación antrópica, urbanización Intercambio e interacción entre componentes Formación de sustancias y compuestos, como humus y materia orgánica Flujo de IME Modificación de hábitat natural Eutrofización Pedogénesis Colmatación de sedimentos en el cauce y bahía	Avance o retroceso de la línea de costa Estabilización de dunas Protección antierosiva Cambios en los procesos de erosión-acumulación-denudación Cambios en los ciclos biogeoquímicos y circulación de sustancias Alteración de las propiedades químicas y calidad del agua Formación y desintegración de minerales y rocas Formación y alteración del suelo Formación o destrucción del relieve (natural y antrópico) Sustitución o pérdida de especies, componentes y valores naturales Cambios en la extensión, intensidad de los procesos de erosión y acumulación Cambio en la fertilidad del suelo Cambios en los procesos y propiedades del suelo Cambios en el número de especies residentes y poblaciones Cambios en los parámetros del agua y sedimentos Pérdida o aumento descontrolado de los nutrientes en el agua (por la eutrofización) Artificialización y antropización del espacio Generación y vertido de contaminación
-----------	--	--	---

Zonificación y comparación espacial del sector según las características, evolución, relaciones y modificaciones de los componentes físico-geográficos

A pesar de estar casi totalmente urbanizado el sector de estudio, fue evidente la variación espacial y diversidad

entre sus tramos, según las características de los componentes físico-geográfico, la relación entre sus manifestaciones, procesos físico-geográficos y la modificación antrópica de sus propiedades originales (ver tabla 2).

Tabla 2:

Comparación entre los tramos según la variación espacial de sus características físico-geográficas, procesos naturales originales-actuales, evolución y modificación antrópica, morfología y dinámica costera.

Parámetro a evaluar	Tramo				
	1	2	3	4	5
Tipo de costa actual/antigua	Erosiva artificial, con fondos más profundos / Arenoso-cenagosa, acumulativa	Acumulativa. Sedimentos carbonatados biogénico-marinos (igual que el fondo)	Erosivo-acumulativa antropizada. Sedimentos carbonatados biogénico-marinos y terrígenos.	Llanura antrópica (artificial), alta, abrasivo-erosiva / Génesis marina. Muy baja, cenagosa, acumulativa, de sedimentos palustres biogénicos y terrígenos	Acumulativa cenagosa con sedimentos palustres. Origen fluvio-terrágeno y biogénico. Ocupa el estuario y litoral del arroyo inglés. Relicto de lo que en origen era el tramo 4.
Altura de costa	Baja	Baja	Baja	Alta	Muy baja
Configuración costera	Regular	Irregular	Regular media	Regular	Irregular
Génesis	Antrópica	Natural	Natural	Antrópica	Natural
Grado de naturalidad	Casi inexistente	Regular	Bajo	Casi inexistente	Seminatural.
Modificación antrópica y urbanización	Total	Regular	Regular	Total	Mínima
Cambio en el perfil, morfología y configuración costera original	Drástico	Poco	Medio (erosión por edificación sobre la duna)	Drástico	Mínimo
Avance de la línea costera. Ganancia de tierras	Sí	No	No	Sí	Sí (proceso natural de deposición por el arroyo y sedimentación)

Formas de relieve terrestre natural en la costa	Llanura antropizada	Playas de arenas calcáreas	Orillas con arenas calcáreas.	Llanura antropizada con relleno artificial	Estuario, cauce, ribera, llanura de inundación
Proceso antrópico de rectificación costera	Sí	No	No	Sí	No
Tipo de rectificación y cambio en el perfil, morfología y configuración costera original	Malecón, soluciones ingenieriles antierosivas, ganancia de tierra al mar, aplanamiento, relleno, depósito de escombros y material			Malecón, elevación de la costa, ganancia de tierra al mar, rellenos, depósito de escombros y material, soluciones ingenieriles antierosivas, aumento de pendiente, aplanamiento	
Tipos de formas de relieve antrópico y soluciones ingenieriles	Malecón, calles, parque, edificaciones, muelles de descarga, estructuras portuarias	Calles, casas, muelles, instalaciones abandonadas	Casas, calles, instalaciones	Doble Vía, calles, obras de protección, parque, talud artificial,	Doble Vía
Medios de protección ante la erosión, agentes litorales y eventos meteorológicos	Antrópica: Soluciones ingenieriles, muro, pendiente de hormigón, malecón	Natural: Franja de mangle y complejo de vegetación de costa	Casi inexistente: Pequeños parches de vegetación	Antrópica: Soluciones ingenieriles antierosivas, malecón, alzamiento de la costa, mayor pendiente	Natural: Franja de vegetación de mangle
Cambio en procesos litorales	Sí	No	No	Sí	No
Procesos litorales predominantes. Actuales/originales	Erosión, transporte, abrasión / acumulación y transporte	Acumulación y transporte	Erosión y acumulación, transporte,	Abrasión, erosión y transporte / Acumulación y transporte de sedimentos del arroyo Inglés.	Complejidad doble: Procesos litorales marinos (transporte, acumulación, erosión) + Procesos fluviales (transporte, acumulación)

Mediante la sectorización, la zonificación permitirá implementar estrategias socio-económicas, y medidas de gestión ambiental con enfoque de MIZC en cada tramo, de modo especializado según su realidad, características y especificidades. Identifica áreas priorizadas a intervenir y sus límites, según su vulnerabilidad, degradación y problemas ambientales. Además, sirve de base para identificar en los tramos los posibles servicios ecosistémicos que brindan los componentes.

Dinámica de funcionamiento ambiental y sistémico del territorio como integridad. Importancia de la interacción de los componentes, y complejidad de procesos

La diversidad de procesos y componentes físico-geográficos descritos en el área de estudio, han determinado un gran número de flujos biogeoquímicos, intercambio de IME, productividad y diversidad de sustancias. La pluralidad de procesos y manifestaciones de los componentes, ha posibilitado mayor productividad y fuentes de nutrientes. Los agentes han propiciado intercambios importantes con ecosistemas y hábitats exteriores, y una dinámica cambiante del medio. No obstante, también destaca su fragilidad inherente, coligado al equilibrio dinámico que se establece y crea ecosistemas frágiles como los manglares y playas.

La investigación corroboró lo citado por Navarro (2019), al decir que cada componente y proceso ambiental juega una función. Su diversidad condiciona mayor riqueza ecosistémica, biodiversidad, diversificación de hábitats y nichos de acogida para la fauna. El dinamismo de los agentes naturales supone un constante suministro de elementos, minerales y nutrientes necesarios (pero también contaminación), para mantener la producción de biomasa y procesos bióticos. Además, induce la adaptabilidad, recuperación, respuesta rápida ante daños e impactos ambientales, mayor depuración y dispersión de los contaminantes.

Según Navarro (2020), la gran diversidad, número de interrelaciones y complementariedad entre los componentes, respaldan una mayor solidez del ecosistema como integridad y adaptabilidad ante los cambios. El constante intercambio de IME permite reponer o adaptar los flujos biogeoquímicos, al suplir un agente o componente el papel de otro cuyas bases o estabilidad estén dañadas. Propicia que lleguen soluciones, beneficios, vida y sustancias desde otros sectores externos. Esto significa que hay un buen potencial natural de recuperación en el sector ante la negativa situación ambiental que presenta, al existir muchos canales o vías de entrada para reponer los elementos dañados.

Valor práctico y aspectos novedosos aportados por la investigación

La caracterización de las particularidades y situación ambiental del sector, es la base para un futuro MIZC en función de su desarrollo sostenible. Esta investigación fue la primera en tocar estos aspectos de modo interrelacionado, para el sector Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés. Esto la vuelve novedosa y una referencia obligada para todo estudio geográfico o ambiental a desarrollar en el área. La investigación llenó y actualizó el conocimiento existente de modo específico para el sector y su realidad, sobre la manifestación y situación de estos temas. Es un aporte valioso de conocimiento, para un futuro programa de gestión ambiental con enfoque de MIZC, que garantice la solución de sus problemas ambientales. Constituye una base ambiental y fuente de información sólida para trazar planes de MIZC en la ciudad de Cienfuegos, o el sector como territorio estratégico a transformar. Permitiría dar un tratamiento diferenciado al área de estudio, e implementar medidas adecuadas a su contexto, potencial, nivel de degradación y vulnerabilidad.

CONCLUSIONES

Pese a su tamaño reducido, el sector Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés presenta una alta complejidad en su estructura interna, una diversidad relativamente alta de componentes físico-geográficos, y marcada variación espacial en sus manifestaciones e interrelaciones. Todos los componentes físico-geográficos han sido altamente transformados o afectados por la antropización.

La zonificación permitió delimitar 5 tramos costeros diferenciables en el sector Calle La Mar-Desembocadura del Arroyo Inglés, sobre los cuales el MIZC debe incidir integralmente.

El sector presentó una dinámica de funcionamiento ambiental activa y compleja, por su triple influencia: marina, terrestre y fluvial.

La diversidad intrínseca de componentes físico-geográficos determinó complejos y múltiples flujos internos de IME, agentes naturales, aspectos e impactos ambientales. Los impactos ambientales pueden ser destructivos o constructivos, de transformación, ganancia o pérdida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cicin-Sain, B., & Knecht, R. (1998). *Integrated Coastal and Ocean management. Concepts and Practices*. Island press.
- Consejo de Estado. (2000). Decreto Ley No. 212 /2000. Gestión de la Zona Costera. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, (68) Ordinaria, 1-17. <http://juriscuba.com/legislacion-2/decretos-leyes/>
- Conesa, V., & Conesa, L. (2011) *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (4ta. ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- EcuRed. (2022b). *Definición de problemas ambientales—EcuRed*. Enciclopedia virtual EcuRed. https://www.ecured.cu/Definicion%C3%B3n_de_problemas_ambientales
- EcuRed. (2022). *Geografía de Cuba—EcuRed*. Enciclopedia virtual EcuRed. https://www.ecured.cu/Geograf%C3%ADa_de_Cuba#Clima
- Fabregat, M., Sánchez, M., & Olalde, E. (2011). *Plan de Ordenamiento Ambiental del municipio de Cienfuegos, Cuba. Proyecto territorial (2010-2012)* [Informe investigativo inédito]. Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (p. 19).
- González, P. (2015). *Manejo Integrado de Zonas Costeras en Cuba. Estado actual, retos y desafíos*. Editorial Imagen Contemporánea.
- Hernández, A., Pérez, J., & Bosch, D. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5349549>
- IGP (2006). *Mapa geológico de la República de Cuba. Escala 1: 100 000. (hoja No. 4182 Cienfuegos)*. Instituto Cubano de Geología y Paleontología.
- León, A., Castellanos, M., Seisdedo, M., Alomá, R., del Toro, D., Araujo, M., Vanegas, R., Miranda, C., Alonso, T., Muñoz, A., Olalde, E., & Fuentes, M. (2016). *Programa de Manejo Integral de Cuencas y Áreas Costeras. Bahía de Cienfuegos*. [Informe investigativo inédito]. Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos.
- Mouso, M., Ochoa, M., & Reyes, R. (2019). El manejo integrado del sector costero Caletones en Cuba. *Ecosistemas*, 28(3), 160-166. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1691>
- Organización de las Naciones Unidas (1992). Agenda 21. Chapter 17: United Nations Marine Environmental Protection. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/recursos/224844/Contenido/H%20programas/23%20Agenda%2021.pdf>
- Navarro, V. (2019) *Diagnóstico geoecológico del sector Playa Veneciana-Rincón de Guanabo*. [Trabajo de curso]. Universidad de La Habana.
- Navarro, V. (2020). *Diagnóstico geoecológico de los paisajes para el manejo del sector Playa Veneciana-Rincón de Guanabo*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de La Habana.
- Navarro, V., Vera, R., Jiménez, Y., & Villa, M. (2022). *Caracterización socioambiental del sector costero Calle La Mar-Desembocadura del arroyo Inglés*. [Documento investigativo inédito]. Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Fiscalía Municipal de Cienfuegos, Universidad de Cienfuegos.
- Nekliukova, N. (1984). *Geografía física general*. Editorial Pueblo y Educación.

Neninger, B., & García, R. (2019). El Litoral de las Minas-Laguna del Cura, Cienfuegos, Cuba: Ecosistemas y presiones antropogénicas. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, noviembre. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2019/11/cuba-ecosistemas.html>

Seco, R. (2004). *Geomorfología*. Editorial Félix Varela.

Seisdedo, M. (2003). *Adecuación del Programa de Monitoreo de la Bahía de Cienfuegos en función de un Programa de MIZC*. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos.