

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA A LA CONTAMINACIÓN MARINA CON EL EMPLEO DE UN SIG. SECTOR DEL ARCHIPIÉLAGO SABANA – CAMAGÜEY

Moraima Álvarez Ortiz⁽¹⁾, J. Artilés Pérez⁽¹⁾, Willy Rodríguez Miranda⁽²⁾

(1) GEOCUBA Estudios Marinos. Punta Santa Catalina, Regla, CP 112000, Ciudad de La Habana, Cuba. Email: mora@emarinos.geocuba.cu

Teléfonos: 7 978255, 7977575, 7970015-18, Extensiones: 107, 114, 118

(2) Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Calle 124 s/n Marianao 15, Ciudad de La Habana, Cuba

RESUMEN

El Archipiélago Sabana - Camagüey (ASC), también conocido con el nombre de Jardines del Rey es destacado por su excepcional belleza natural, sus bahías se encuentran confinadas por un cordón de cayos, bajos, canales y pasas, así como dos pedraplénos; constituyendo un ecosistema muy frágil que responde rápidamente a los cambios originados por factores naturales y antrópicos.

Es objetivo del presente trabajo obtener una evaluación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación marina en un sector del archipiélago, con la utilización de mapas temáticos, a partir del análisis y procesamiento de la data histórica disponible: geológica, geomorfológica, hidrográfica y físico - geográfica de la región. Con los mapas temáticos obtenidos se logró implementar un SIG que permitió un manejo eficiente de la información, a partir del cual se realizó una caracterización de la naturaleza del medio marino, así como una valoración de su fragilidad a las afectaciones ambientales.

El relieve submarino del sector analizado se caracteriza por ser una plataforma de escasa profundidad, bordeada por una costa irregular y gran profusión de cayos, bajos, canales y pasas. Las bahías interiores descritas como llanuras acumulativas poco profundas y la presencia de sedimentos friables constituidos por limos, limos arenosos y arenas, además de la inmediata yacencia del techo de la roca establecen las particularidades geomorfológicas y geológicas. Estas condiciones físicas- geográficas advierten de una alta vulnerabilidad a la contaminación, en correspondencia con el incremento de los procesos acumulativos y el tiempo de residencia de estas aguas, condicionado por los viales construidos.

INTRODUCCIÓN

El **Archipiélago Sabana - Camagüey (ASC)**, también conocido con el nombre de Jardines del Rey, constituye en la actualidad un sector priorizado para el desarrollo de la industria turística del país, destacándose por su excepcional belleza natural los cayos Coco, Guillermo y Santa María entre otros. Sus bahías se encuentran confinadas por un cordón de cayos, bajos, canales y pasas, así como cuatro pedraplenes construidos para garantizar el desarrollo turístico de algunos de sus cayos; constituyendo un ecosistema muy frágil; evidenciando los continuos cambios suscitados por factores naturales y antrópicos dado el alto desarrollo constructivo - turístico de la zona.

Es objetivo del presente trabajo obtener una evaluación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación marina en un sector del Archipiélago Sabana – Camagüey, mediante la aplicación de un SIG, con la utilización de mapas temáticos, a partir del análisis y procesamiento de la data histórica disponible: geológica, geomorfológica, hidrográfica y físico - geográfica de la región. Con los mapas temáticos obtenidos se logró implementar un SIG que permitió un manejo eficiente de la información



Figura1 Ubicación del área de estudio.

Con esta información se realizó una caracterización de la naturaleza del medio marino, así como una valoración de su fragilidad a las afectaciones ambientales, constituyendo un valioso instrumento para la educación y la gestión ambiental en el ordenamiento territorial del polo y en la proyección de obras hidrotécnicas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la caracterización de los procesos histórico - geoambientales en el medio marino se realizó una recopilación y análisis de los trabajos precedentes, cuya finalidad fue llevar a cabo una búsqueda de archivo de toda la información disponible, ya sea en base analógica, como en digital, de todos los trabajos realizados en el área y que sean de interés para este trabajo. Además, se examinaron, según la posibilidad de consulta, otros trabajos realizados en el área por otras instituciones.

Toda la información recopilada fue verificada para garantizar la calidad de los datos y planos, revisando su contenido y corroborando su ubicación espacial, se emplearon softwares de procesamiento, permitiendo la visualización, organización e interpretación de la información siguiente:

1. Mapa batimétrico 1: 150 000 elaborado a partir de los datos hidrográficos, obtenidos de los sondeos batimétricos ejecutados en 1990 por el Instituto Cubano de Hidrografía hoy GEOCUBA Estudios Marinos.

2. Mapa geológico del territorio marino de la República de Cuba a escala 1: 100 000. Cabrera, M. 2006
3. Mapa geomorfológico del territorio marino del ecosistema Sabana –Camaguey a escala 1: 250 000 Cabrera, M. 2006
4. Base de datos geotécnica adquirida de la Agencia de Geología y Geofísica de la Empresa GEOCUBA Estudios Marinos. Fue incorporada a este trabajo toda la información histórica obtenida de los proyectos realizados en el área hasta la actualidad.

En el proceso de manipulación de la base de datos espaciales de los estudios marinos básicos que fundamentan este trabajo se emplearon los software de procesamiento Surfer, AutoCAD Map, Microsoft Excel, Microsoft Word, y Corel DRAW Graphics, fundamentalmente, los cuales que permitieron la visualización y clasificación de la información.

Para dar solución a los objetivos generales del SIG, tareas a resolver y del marco de su explotación futura se siguieron los siguientes pasos: georreferenciación de los mapas, vectorización del mapa geológico y geomorfológico del área, interpolación de los mapas de atributos, confección del MDE a partir de los datos batimétricos, reclasificación de los mapas para el establecimiento de la vulnerabilidad geológica, geomorfológica, geográfica y batimétrica a partir de los criterios dados.

Se construyeron los mapas temáticos, garantizando la conformidad y la agrupación de los datos espaciales en función de la sistematización de una base única, con una adecuada precisión cartográfica como soporte indispensable del sistema. La puesta en marcha sobre el SIG permitió presentar los resultados del manejo de los mapas temáticos y tablas de atributos realizado, de las cuales se obtuvieron mapas de vulnerabilidad a la contaminación marina

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de estudio constituye una zona muy importante desde el punto de vista ecológico y económico, caracterizada por la existencia de valiosos recursos pesqueros, desarrollo acelerado del turismo y relevantes ecosistemas altamente sensibles como: manglares, seibadales, bancos algales y arrecifes coralinos.

Las formaciones vegetales más importantes son el bosque de manglar sobre las zonas inundadas, influenciadas por las variaciones del nivel del mar por la fluctuación de las mareas y en el fondo marino la presencia de fanerógamas, donde se destacan las praderas de *Thalassia testudinum* (seibadal) con especies acompañantes de Halimedas. Claro, R. (2006).

En el área se observan las tres regiones geomorfológicas relacionadas directamente con el territorio marino dentro del ecosistema Sabana-Camaguey, que son: **región costera emergida, plataforma marina y el talud insular**. Cabrera, M. 2006.

El relieve submarino de las áreas interiores se describe como una llanura acumulativa de fondo en depresiones poco profunda inferior a los -4 m de profundidad. Hacia la zona exterior se aprecia un aumento ligero de las mismas, destacándose el talud hacia el canal viejo de Bahamas. En las bahías los procesos acumulativos se caracterizan por una marcada incidencia de un régimen hidrodinámico con oleaje de moderado a débil, corrientes de fondo y un sistema general organizado de corrientes de flujo y reflujo (Fernández V. L., Chirino N. A. et al. 1993).

La configuración de los cayos, la orientación de los canales y la formación de estructuras alargadas y continuas expresan las principales manifestaciones tectónicas y neotectónicas. Se evidencia una homogeneidad en toda la estructura del basamento rocoso. Según el documento Normas Sismorresistentes de Cuba, el área de estudio entra en la zona 1A de riesgo sísmico bajo, que puede

ocasionar daños en las construcciones debiéndose tomar medidas sismo - resistentes en todas las estructuras y obras en función de la importancia de las mismas

La presencia de sedimentos friables constituidos por limos hasta limos arenosos, arena, además de la inmediata yacencia del techo de la roca establecen las particularidades geológicas del área.

Mapa batimétrico del área de estudio.

Para el procesamiento de los datos batimétrico se utilizó las cartas náuticas 11428 y 11429 a escala 1:150 000 en su nueva edición de mayo de 1998, publicada por el servicio hidrográfico y geodésico de la República de Cuba, confeccionada a partir de los datos hidrográficos de 1970-1972 con correcciones posteriores.

Como resultado, se construyó el mapa temático de representación de la superficie del fondo marino, permitiendo realizar un análisis del comportamiento espacial de las características morfológicas del mismo, permitiendo establecer las zonas de mayor o menor profundidad, así como las de mayor variabilidad del mismo.



Figura 2 Mapa batimétrico del área de estudio.

Criterio de reclasificación

Para establecer un criterio de reclasificación del mapa de batimetría en función del grado de vulnerabilidad ambiental se tuvo en cuenta la profundidad del fondo marino, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Las zonas de profundidades menores a 1,00 m son las más expuestas a los efectos antrópicos y por ende las más vulnerables a la contaminación.
2. Mientras mayor sea el espesor de agua, en consecuencia aumenta la disolución de los contaminantes, lo que implica una mayor permanencia de los mismos en las menores profundidades.
3. Hacia las zonas bajas, recalcan o llegan los residuales sólidos provenientes de la actividad doméstica e industrial generada por la acción del hombre.
4. La zona intermareal está sometida a los impactos directos de las construcciones en la línea de costa, lo que modifica el régimen de circulación normal y la dinámica de los sedimentos marinos.

Como resultado del análisis anterior y teniendo en cuenta que el área de estudio se caracteriza por ser una plataforma de escasa profundidad del fondo marino, bordeada por una costa irregular y representada por una gran profusión de cayos, bajos, canales y pasas que permiten el intercambio de

las aguas de la plataforma con el océano adyacente y con la finalidad de establecer el nivel de influencia de este parámetro en la vulnerabilidad del entorno el área se clasificó de la siguiente manera:

Tabla1. Grado de vulnerabilidad (por profundidad) a la contaminación marina.

Profundidades (m)	Grado de vulnerabilidad	Reclasificación
0 – 1,00	3	Alta sensibilidad
1,00 – 5,00	2	Media sensibilidad
> 5,00	1	Baja sensibilidad



Figura 3 Mapa de vulnerabilidad por profundidad a la contaminación marina del área de estudio.

Generación de una escena 3D con las isobatas presentes en el TIN.

Para la obtención del modelo digital de las profundidades marinas (isobatas) se elaboraron los mapas activando las opciones del tema se le asignaron propiedades tridimensionales a la capa donde se encontraban las isobatas, mostrando una exageración de 4 para toda la escena tridimensional. Finalmente se obtuvo el modelo digital del fondo marino en el cual se describen las variabilidades morfológicas de la superficie, donde se destaca la presencia del canal Viejo de Las Bahamas y las bahías interiores de la cayerías en menor proporción.

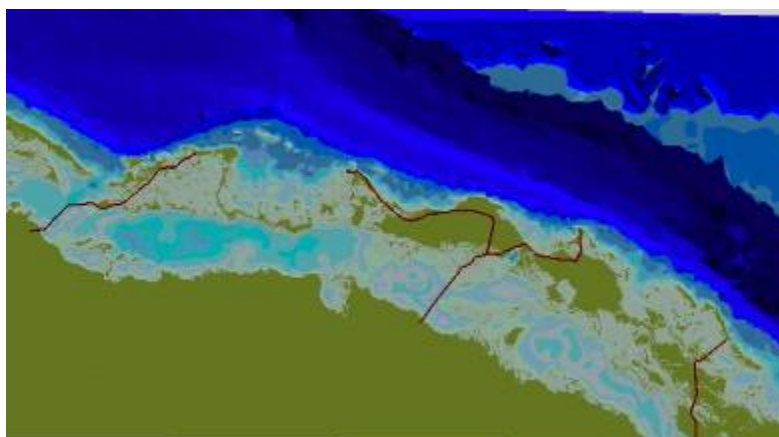


Figura 4 Escena 3D del área de estudio.

Mapa geológico del área de estudio

Una vez precisado el modelo vectorial de cada tema y organizadas las tablas de atributos se procedió a fusionar (Merge) todas las capas del mapa, obteniendo el mapa temático o tema geología del SIG. El cual fue visualizado y representado por las capas que le dieron lugar, y así quedó introducido al sistema para su posterior utilización y análisis a partir de sus entidades litológicas caracterizadas según Cabrera, M.2006.

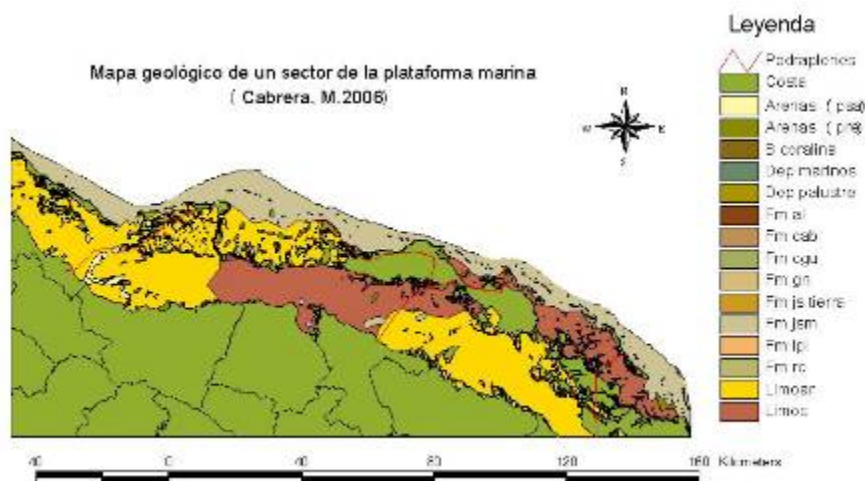


Figura Mapa geológico del área de estudio. (Cabrera, M. 2006).

Criterio de reclasificación.

Para establecer el criterio de reclasificación del mapa geológico marinos en tres grados de sensibilidad ambiental nos basamos en el hecho de que los sedimentos marinos son la matriz integradora de la historia del ecosistema, donde quedan plasmados los impactos a los cuales ha sido sometido el medio, según las condiciones geológicas para el confinamiento de los elementos contaminantes.

Es necesario señalar que los procesos biogeoquímicos y los formadores de rocas tales como meteorización, lixiviación, acreción y deposición, efectivamente concentran y dispersan, los elementos y otras sustancias en los diferentes medios. Rodríguez, J. (1998).

La meteorización es el proceso más importante en la destrucción del material rocoso para su conversión en suelo. La contraparte artificial de la meteorización es la contaminación, la que también libera elementos traza en el medio a través de las operaciones del proceso industrial y la minería.

La lixiviación, la acreción, la sedimentación, la actividad biológica y otros procesos pueden concentrar o dispersar los elementos después que ellos han sido liberados por los procesos naturales o artificiales. La *lixiviación de los suelos* es la remoción natural de los materiales solubles (en solución) de los horizontes superiores a los inferiores de los suelos.

La acumulación en los sedimentos se refiere a los procesos que causan o incrementan la retención de material en los suelos. Entre los ejemplos se incluye las sales, las que se pueden acumular en la superficie y las partes superiores de los suelos a través de los procesos de evaporación y de los materiales que han sido removidos por la lixiviación

La deposición o sedimentación de los materiales terrestres provoca un problema ambiental importante referido a que los metales pesados y algunos otros materiales que causan disrupciones biológicas son depositados en los cursos fluviales, lagos y océanos.

Los elementos trazas disueltos, los contaminantes y aquellos asociados con el material detrítico, bajo remociones no homogéneas son removidos por el agua de mar; algunos son incorporados predominantemente en los sedimentos costeros y otros en los sedimentos del mar profundo.

La capacidad de la mayoría de los suelos y rocas para el filtrado físico de sólidos, incluidos los contaminantes es bien conocida; sin embargo esta capacidad varía con las diferentes formas, tamaños y ordenamiento de las partículas filtrantes. También conocemos la capacidad de las arcillas y otros minerales como las zeolitas para capturar e intercambiar algunos elementos y compuestos, cuando ellos están disociados en solución como elementos o compuestos cargados positiva o negativamente. Adicionalmente los procesos de precipitación y absorción son importantes en la captura de contaminantes. Ariosa, J. (2001).

Condiciones geológicas para la permanencia de los residuales en el medio marino.

Sedimentos marinos finos: Son aquellos que por sus características limosas, arcillosas y turbosas permiten la adhesión de los residuos y sus lixiviados a las partículas finas superficiales, constituyendo un receptáculo de los contaminantes, por lo que se consideran de alta vulnerabilidad a la contaminación

Formaciones geológicas marinas con porosidad intergranular: Los sedimentos arenosos, así como las rocas poco fragmentadas aseguran una migración lenta de los residuos y lixiviados, de manera que permitan una depuración eficaz al ser lavado por las corrientes marinas y el oleaje, por lo que el tiempo de residencia de estos en los sedimentos es limitado.

Formaciones fracturadas y cársticas: Permiten una migración rápida de los residuos y lixiviados, de manera que no aseguran una depuración eficaz, más cuando están emergidas, por lo que son vulnerables a la contaminación.

Como resultado del análisis anterior sobre la capacidad de los suelos y rocas a la retención de los contaminantes se clasificó el área de la siguiente manera, dando como resultado la figura No. 6.

Tabla 2. Grado de vulnerabilidad geológica a la contaminación marina.

ID	Litología o capa temática	Grado de vulnerabilidad	Reclasificación
	Barrera coralinas	3	Alta sensibilidad
	Limos		
	Depósitos palustre		
	Limo arenoso	2	Media sensibilidad
	Fm. Jaimanitas tierra		
	Arenas	1	Baja sensibilidad
	Depósitos marinos		
	Fm. Jaimanitas marina		
	Fm Los Pinos (lpi)		
	Fm Cayo Romano (ro)		
	Fm Alegría (al)		
	Fm Guines (gn)		
	Fm Cayo Guillermo (cgu)		



Fm Caibarién (cab)

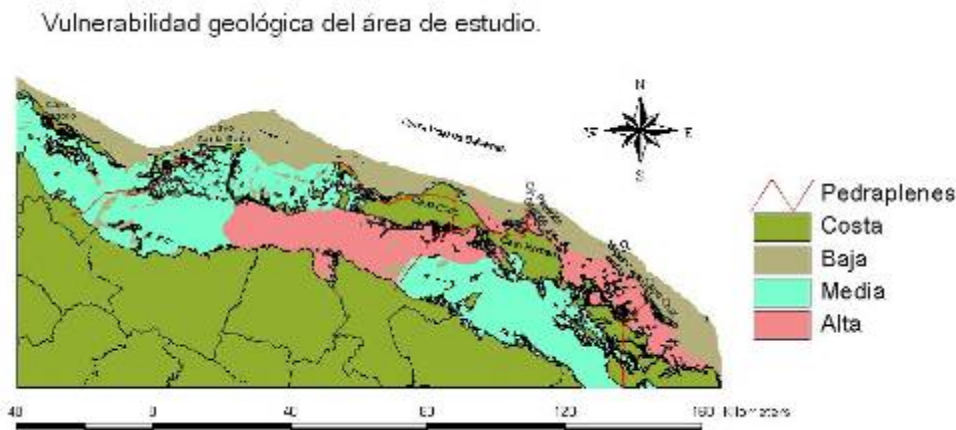


Figura 6 Vulnerabilidad geológica a la contaminación marina del área de estudio.

Mapa geomorfológico del área de estudio

Con la entrega del mapa geomorfológico en formato Autocad (dwg), se procedió de la misma manera que en el geológico cerrando cada forma de relieve. Las capas lineales del mapa como fallas, los tipos de costas, etc fueron tratadas independientes y fusionadas al final en una sola capa.

Una vez garantizado esto y fusionadas (Merge) todas las capas del mapa, obtuvimos el tema geomorfológico o mapa temático, el cual fue visualizado y representado por las capas que le dieron lugar, y así quedó introducido al sistema para su posterior utilización y análisis a partir de sus tipologías o divisiones establecidas por Cabrera, M. 2006.

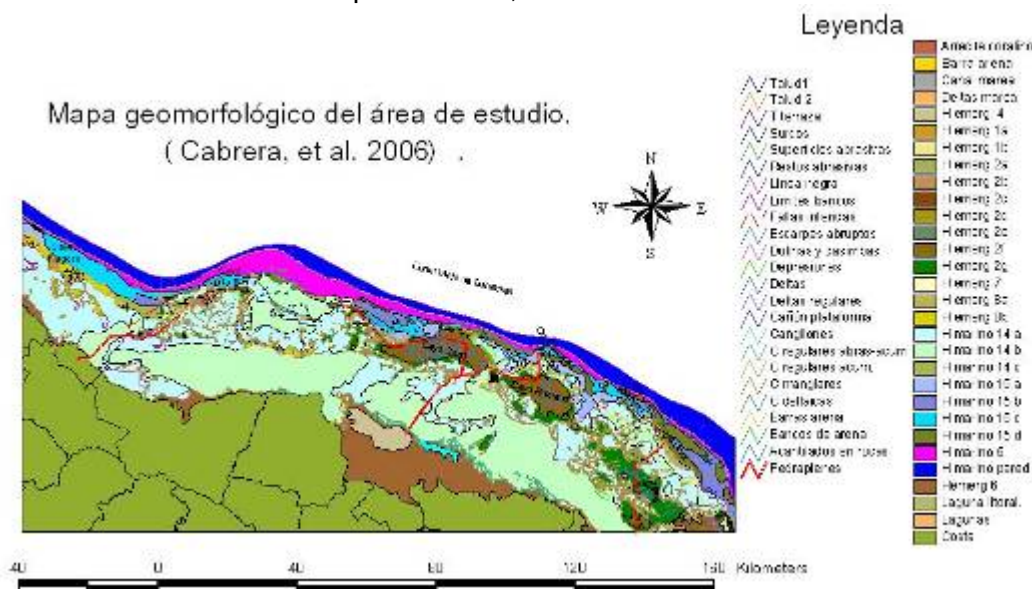


Figura 7 Mapa geomorfológico de un sector de la plataforma marina. (Cabrera, M. 2006).

Criterio de reclasificación

Para establecer el criterio de reclasificación de la cartografía geomorfológica en tres grado de sensibilidad ambiental nos basamos en el análisis de las formas del relieve y los factores que las generan.

Las más de 40 formas del relieve presentes en el territorio son susceptibles a desaparecer o a detener su desarrollo si los procesos y factores que las generan son alterados por cambios naturales o antrópicos, ya sean de naturaleza física, orgánica o química. Cabrera, M. 2006.

Se está en presencia de un territorio muy frágil por la variedad de complejos de formas del relieve y su juventud, donde el relieve de la plataforma insular es considerado poco energético dada la pequeña amplitud de los movimientos neotectónicos y a su marcada diferenciación.

La alteración de los procesos hidrogénicos (nivel de las aguas, corrientes y mareas) o las propiedades física - químicas de las aguas (por ejemplo: salinidad, pH) puede ser la causa de la desaparición de los manglares cuyo principal significado desde el punto de vista geomorfológico está determinado porque a la vez que fijan las formas acumulativas sobre las cuales se desarrollan, las ayudan a crecer. Las variaciones del nivel de las aguas pueden influir en la desaparición de formas tan propias de esta región como son, los canales y deltas de mareas o cambiar la configuración costera.

En los fondos marinos de la zona interior de la plataforma marina, los sedimentos suelen tener un alto contenido de arcillas y limos y hasta un 34% de carbono orgánico, déficit de hierro reaccionante y liberación de gran cantidad de ácido sulfúrico. Esto es debido a: 1) el carácter semicerrado de la cuenca, que hace predominar el proceso de sedimentación sobre el de transportación de partículas a causa del débil movimiento de las aguas, lo cual se incrementa con la construcción de pedraplenes, diques y presas y la influencia de la contaminación orgánica.

En la zona exterior de la plataforma marina la influencia de procesos hidrogénicos de alta energía produce un predominio del transporte de las partículas sobre la sedimentación, por lo que prevalece la presencia de arenas y afloramientos del fondo rocoso.

Para establecer el grado de vulnerabilidad en el área se le atribuyó mayor importancia a las llanuras acumulativas planas, fundamentalmente emergidas, ya que favorecen los procesos de sedimentación y por ende la mayor estadía de los contaminantes. La presencia de carso en las zonas emergida fue otro elemento a tener en cuenta por la factibilidad a la migración de los contaminantes.

Como resultado del análisis anterior sobre la fragilidad y sensibilidad de las formas de relieve a la contaminación se clasificó el área, de la siguiente manera.

Tabla 3 Grado de vulnerabilidad geomorfológica a la contaminación marina.

ID	Leyenda o capas temáticas	Grado de sensibilidad	Reclasificación
	Arrecife coralino, laguna litoral, lagunas	3	Alta sensibilidad
	H emergido 2a, 2b, 2c, 2g, 7		
	H emergido 6, 8a, 8b		
	H marino 14a, 14b, 14c, 15a.	2	Media sensibilidad
	Barra de arena, canal y delta de marea		
	H emergido 2d, 2e, 2f		

	H marino 15b, 15c, 15d		
	H emergido 4, 1a, 1b	1	Baja sensibilidad
	H marino pared 5 (Talud)		

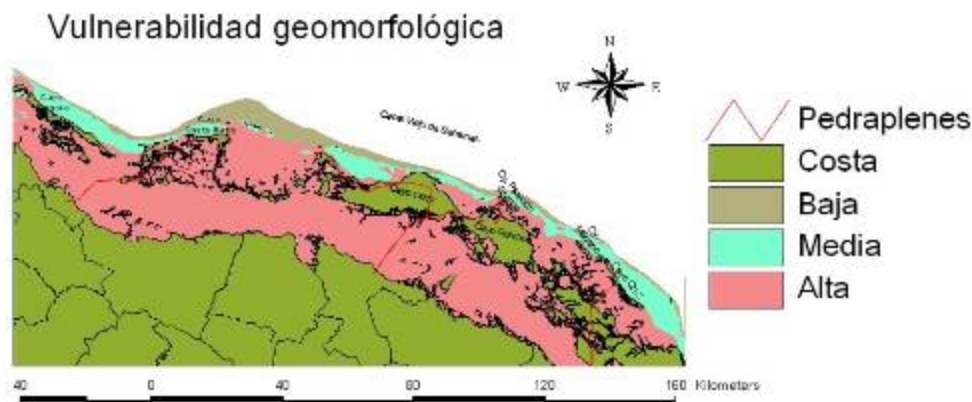


Figura.8 Vulnerabilidad geomorfológica a la contaminación marina del área de estudio.

IV.7. Zonación geográfica

A partir de la configuración geográfica del área de estudio, en la cual están presentes bahías con diferentes características, así como la zona exterior de la cayería se procedió de la siguiente manera para evaluar su vulnerabilidad.

Criterio de reclasificación

Para establecer el criterio de reclasificación de la zonación geográfica en tres grados de sensibilidad ambiental, nos basamos en la variación del intercambio de las aguas o períodos de residencias, el cual no se comporta de igual forma en toda el área. A partir de aquí la dividimos de la siguiente manera.

1. Bahías cerradas. (Los Perros y Jigüey)
2. Bahías semicerradas. (SJR y Buenavista)
3. Zona exterior.

Como resultado del análisis anterior sobre las características del área, se clasificó la misma, de la siguiente manera.

Tabla 4. Grado de vulnerabilidad geográfica a la contaminación marina.

ID	Zona geográfica	Grado de sensibilidad	Reclasificación
1	Bahías cerradas	3	Alta sensibilidad
2	Bahías semicerradas	2	Media sensibilidad
3	Zona exterior	1	Baja sensibilidad

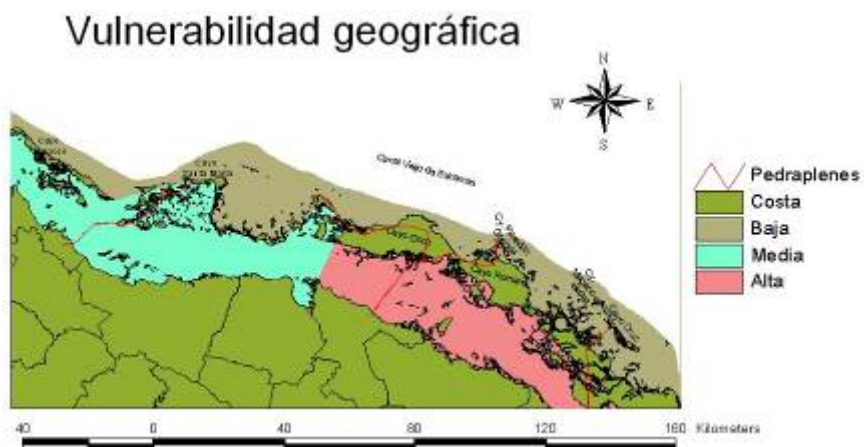


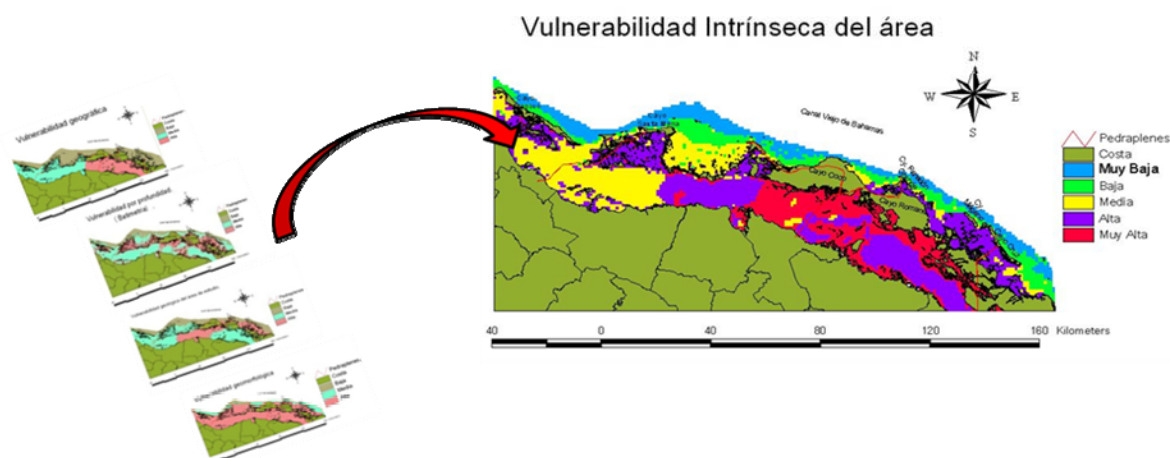
Figura 9 Vulnerabilidad geográfica a la contaminación marina del área de estudio.

Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca del medio a la contaminación

Para establecer la vulnerabilidad intrínseca del medio se tomaron los mapas temáticos de las variables geoambientales analizadas en este trabajo, que muestran la vulnerabilidad de las diferentes regiones marinas, como son:

1. Zonificación geográfica
2. Geológico
3. Geomorfológico
4. Batimétrico

Con los mismos se procedió a la suma de estas 4 variables geoambientales mediante el álgebra de mapas, y luego a su posterior reclasificación. Para llevar a cabo este último procedimiento nos auxiliamos de la opción *reclasificación*, la cual nos permitió establecer una zonación espacial en 5 grados de vulnerabilidad del medio natural a ser impactado por procesos contaminantes.



El mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del medio marino en el sector estudiado define la zona E del interior de la cayería como la más vulnerable, asociada a la bahía de Los Perros y Jigüey de renovación limitada, además de las zonas interiores de los cayos caracterizadas por poca profundidad.

CONCLUSIONES

1. Se implementó por primera vez un SIG para el análisis de las variables físico- geográficas del medio marino, cuyos mapas temáticos muestran la vulnerabilidad de las diferentes regiones marinas.
2. Se establece un criterio de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del medio marino en el sector estudiado, respecto a determinados factores del medio abiótico (geografía, geología, geomorfología y batimetría), mediante el cual se define la zona E del interior de la cayería como la más vulnerable.
3. Los mapas aportados por el SIG confirman que la dinámica natural del movimiento de las aguas en el archipiélago, constituye un factor fundamental en el deterioro de la calidad del agua.
4. Las llanuras acumulativas planas sumergidas favorecen los procesos de sedimentación y por ende la mayor estadía de los contaminantes, así como la presencia de carso en las zonas emergida por la factibilidad a la migración de los contaminantes.
5. Los sedimentos marinos finos por sus características limosas, arcillosas y turbosas permiten la adhesión de los residuos y sus lixiviados a las partículas finas superficiales, constituyendo un receptáculo de los contaminantes.
6. Las zonas de bajas profundidades son las más favorables a la contaminación debido a la mayor permanencia de los contaminantes, recalo de los residuales sólidos domésticos e industrial, impactos directos de las construcciones en la línea de costa, lo que modifica el régimen de circulación normal y la dinámica de los sedimentos marinos.
7. Estos resultados constituyen un valioso instrumento para la educación y la gestión ambiental en el ordenamiento territorial del polo y en la proyección de obras hidrotécnicas,

RECOMENDACIONES

1. Incorporar toda la información atmosférica e hidrodinámica, así como un estudio del aporte de las fuentes contaminantes en el área.
2. Continuar y perfeccionar los estudios en el área y extrapolar estos a otras áreas de la plataforma marina.
3. De ser posible realizar estudios de muestreos de sedimentos, con el objetivo de incorporarlos al SIG.
4. Crear los mecanismos e infraestructura que permitan la recopilación y validación de los datos generados por las distintas instituciones cubanas que realizan investigaciones marinas, de manera que puedan ser integrados y utilizados en función de estos estudios.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, M. (2006). Mapa geológico del territorio marino de la República de Cuba a escala 1: 100 000. CNDIG. IGP
- Cabrera, M. (2006). Mapa geomorfológico del territorio marino del ecosistema Sabana –Camagüey a escala 1: 250 000. CNDIG. IGP
- Claro, R. (2006). CD La biodiversidad marina en Cuba- Especies registradas. Instituto de Oceanología Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba
- Derrotero de las Costas de Cuba. Tomo II, ICH. 1995.
- Díaz, I.; et al. (2000) Línea de base ambiental de los cayos Santa María y Guillermo. Geocuba Estudios Marinos, La Habana.
- Estrada, V (1999). Estudio de línea de base ambiental proyecto PETROBRAS. Geocuba Estudios Marinos, La Habana.
- Estudio de los Grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos. Academia de Ciencias de Cuba, ICGC. Editorial Científico Técnica. La Habana. 1990.

- Fernández, L. y A. Chirino (1993): Atlas oceanográfico de las aguas de archipiélago Sabana - Camagüey. ICH, La Habana, 1-235.
- GEF-PNUD "Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible de los ecosistemas Sabana - Camagüey".
- Iturralde, M. (2004). Origen y evolución del Caribe y sus biotas marinas y terrestres. CNDIG. IGP. pp gcuba3.
- Ortega, F (1999) Estudio ingeniero – geológico. Pedraplén cayo Santa María – cayo Guillermo. Etapa de factibilidad. Geocuba Estudios Marinos, La Habana.