

DOI: <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2023.9.01>

Cómo citar:

Castellanos González, J.R., Velázquez Labrada, Y.R., & Pérez Benítez, M. (2023). Variación de la línea de costa en playas de Santiago de Cuba. *Orange Journal*, 5(9), 4-15. <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2023.9.01>

Variación de la línea de costa en playas de Santiago de Cuba

Variation of the coastline on the beaches of Santiago de Cuba

Recibido: 16 de mayo de 2023

Aceptado: 21 de junio de 2023

Escrito por:

Juan Ramón Castellanos González¹<https://orcid.org/0000-0002-3996-5964>**Yunior Ramón Velázquez Labrada^{*2}**<https://orcid.org/0000-0002-8088-6686>**Mayelin Pérez Benítez³**<https://orcid.org/0000-0002-7599-8835>

Resumen

El artículo tiene como objetivo determinar la variación de la línea de costa, tanto por erosión como acreción, en ocho playas del municipio Santiago de Cuba, en un promedio de 14 años. Se tuvo en cuenta la fotointerpretación y digitalización de la línea costera, a partir de imágenes satelitales Sentinel y el empleo del software QuantumGIS 3.22. Los resultados demostraron una variación total de la línea de costa de -14.06 m en el período de estudio, para un promedio -1.76m según el total de playas analizadas. De manera particular, la erosión costera, alcanzó una sumatoria de -39.08m. La tasa de erosión promedio se comportó en -0.58 m/año. Las playas más afectadas fueron Casonal, Baconao, Verraco y Juraguá con tasas anuales de -1.61m en el primer caso, -0.7 m en el segundo y -0.49m en los restantes. Por otra parte, la variación por acreción se comportó en 10.96 m durante todo el período, con un promedio de 1.37m atendiendo al total de playas estudiadas y una tasa de 0.33 m/año. Estuvo presente en seis playas. Los valores más elevados de tasa anual promedio se muestran en Baconao, Cazonal y Verraco con 0.7m, 0.51m y 0.49m respectivamente. Lo anterior evidencia las modificaciones en la línea de costa, el incremento progresivo de dicha tasa y la incidencia directa de factores naturales y antrópicos.

Palabras clave: erosión costera, imágenes satelitales, tasa de erosión, teledetección, zona costera.

Abstract

The article aims to determine the variation of the coastline, both due to erosion and accretion, in eight beaches of the Santiago de Cuba municipality, in an average of 14 years. The photointerpretation and digitization of the coastline was taken into account, based on Sentinel satellite images and the use of QuantumGIS 3.22 software. The results showed a total variation of the coastline of -14.06 m in the study period, for an average of -1.76 m according to the total number of beaches analyzed. In particular, coastal erosion reached a sum of -39.08m. The average erosion rate behaved at -0.58 m/year. The most affected

¹ Ingeniero Hidrógrafo Geodesta. Profesor del Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. Proyecto de Investigación y Desarrollo: Monitoreo y Manejo Integrado de Ecosistemas Costeros ante el Cambio Climático en la Región Oriental de Cuba (ECOS).

² Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor de Biología e investigador en temas de playas en el Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. Proyecto de Investigación y Desarrollo: Monitoreo y Manejo Integrado de Ecosistemas Costeros ante el Cambio Climático en la Región Oriental de Cuba (ECOS).

³ Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesora de Geografía en el Centro Universitario Municipal San Luis, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. Proyecto: Monitoreo y Manejo Integrado de Ecosistemas Costeros ante el Cambio Climático en la Región Oriental de Cuba (ECOS).





beaches were Casonal, Baconao, Verraco and Juraguá with annual rates of -1.61m in the first case, -0.7m in the second and -0.49m in the rest. On the other hand, the variation due to accretion behaved at 10.96 m throughout the period, with an average of 1.37 m based on the total number of beaches studied and a rate of 0.33 m/year. He was present on six beaches. The highest values of average annual rate are shown in Baconao, Cazonal and Verraco with 0.7m, 0.51m and 0.49m respectively. The above evidences the modifications in the coastline, the progressive increase of said rate and the direct incidence of natural and anthropic factors.

Key words: coastal erosion, satellite images, erosion rate, remote sensing, coastal zone.

Introducción

En la actualidad múltiples estudios han centrado su atención en las zonas costeras (Consejo de Estado, 2000; González Díaz, 2015; Milanés Batista & Pérez Montero, 2017; Milanés, Rodríguez, & Pérez, 2009; Montero González & Pérez Montero, 2014; Velázquez Labrada et al., 2019). En ellas se encuentran ecosistemas frágiles como las playas, que han sido objeto de múltiples estudios científicos para analizar el comportamiento de parámetros geográficos, sociales, económicos, culturales, ambientales, entre otros (Bates et al., 2021; Chávez et al., 2021; Milanés Batista et al., 2021; Milanés Batista & Acosta Velasco, 2021; Pranzini et al., 2016; Soto et al., 2021).

Entre los principales problemas ambientales a atender en las playas, se encuentra la erosión costera (Rangel-Buitrago et al., 2020; Trist & Mart, 2002; Williams et al., 2018; CEPAL, 2018), con alto impacto en naciones insulares (IPCC, 2014). El archipiélago cubano, ocupa una extensión territorial de 109 884,01 km², de los cuales 106 757,60 km² son de tierra firme y 3 126,41 km² pertenecen a los cayos adyacentes. (ONEI, 2022). Al respecto, estudios anteriores, han estimado el cambio costero a largo plazo en las playas del oeste de La Habana (Sosa, 2016). También en Cayo Moa Grande, provincia Holguín, se determinó la variación de la dinámica erosiva y acumulativa de la línea de costa (Cervantes et al., 2009). La región suroriental posee el 34 % de las playas afectadas por la erosión (Batista, 2015).

En la provincia Santiago de Cuba, dicha problemática se expresa en los municipios costeros Guamá y Santiago de Cuba (Galbán Rodríguez et al., 2021; Velázquez, et al., 2019, 2021).

En este sentido, para determinar el cambio de la línea de costa a grandes escalas geográficas o temporales, múltiples investigadores han empleado el uso de la teledetección y Sistemas de Información Geográfica durante el procesamiento de imágenes satelitales (Cabezas, et al., 2017; Williams et al., 2018; Rangel-Buitrago, Neal & de Jonge, 2020). De manera particular, en Santiago de Cuba, las imágenes satelitales han tenido un uso con fin didáctico (Domínguez; Velázquez & García, 2018), sin su aplicación al análisis de la erosión costera. Por ende, una problemática a resolver es la realización de estudios locales que permitan determinar los principales cambios en la línea de costa, con énfasis en las playas, de modo que favorezca el análisis causal, el registro de datos para su comparación en el tiempo y la adopción de un plan de manejo. Por ello, en el actual trabajo, se determinó las modificaciones ocurridas en la línea de costa en ocho playas del municipio Santiago de Cuba, en el período 2008- 2022, a partir de la fotointerpretación y digitalización de las imágenes satelitales disponibles para esta zona geográfica.

Marco teórico

Las playas son consideradas "ecosistemas constituidos por materiales sueltos de diferente espesor en áreas emergidas y submarinas, que manifiestan procesos de erosión y acumulación por alteraciones de origen natural o antrópico, con cambios en la dinámica de su perfil". (Consejo de Estado, 2000, p. 1374).

La línea de costa, "es la línea de coincidencia de la costa con el nivel medio del mar". (Consejo de Estado, 2000, p. 1378). La erosión es considerada como: "el desgaste de la tierra por la acción de las fuerzas naturales. En una playa, el acarreo de material de playa por acción de las olas, corrientes de marea, corrientes litorales o por deflación" (Cem, 2003, p. A-29).



Por otra parte, la acreción: "Puede ser por natural o artificial. La acumulación natural es la acumulación de tierra, únicamente por la acción de las fuerzas de la naturaleza, en una playa por deposición de material transportado por el agua o el aire. La acumulación artificial es una acumulación similar de tierra por acción del hombre, como la acumulación formada por un espigón, un rompeolas o un relleno de playa depositado por medios mecánicos. También engrandecimiento" (Cem, 2003, p.A-1).

Metodología

La investigación centra su atención en ocho playas de la región suroriental de Cuba. La elección intencionada del área de estudio obedece al criterio de usos comunes en las playas, en tanto poseen instalaciones hoteleras con fines turísticos, lo cual incide en la carga antrópica. De igual manera, poseen elevada importancia económica y ecosistémica. Playa Bueycabón se encuentra al oeste de la Bahía de Santiago de Cuba; mientras que playa Baconao, Casonal, Sigua, Verraco, Juraguá, Siboney y La Estrella, al este, en el municipio Santiago de Cuba, provincia de igual nombre (Figura 1).



Figura 1. Área de estudio seleccionada (Municipio Santiago de Cuba).

Fuentes: Google Map (<https://www.google.com/maps/@20.1225604,-75.9367655,10.17z?hl=es>) y autores.

La línea costera estudiada presenta en su mayoría material, sedimentario de origen terrígeno, proveniente de los ríos de las zonas. El área de estudio está sometida a dos períodos hidrológicos: el de sequía de noviembre a abril, el cual propicia la disminución del aporte de sedimentos y aumenta el riesgo de erosión costera. El segundo período, lluvioso, de mayo a octubre, donde se registran los mayores volúmenes de precipitaciones y un gradual aumento de las velocidades de los vientos hacia la costa, lo que propicia una acumulación del sedimento disperso en la costa, logrando mantener los perfiles de playas (Acevedo, 1992).

Es vital destacar que es un área que se ve afectada por el paso de tormentas y huracanes tropicales debido a su configuración geográfica y ubicación en el Mar Caribe, que según su magnitud pueden llegar a ocasionar cambios en los perfiles sumergidos. En las zonas predominan las brisas de mar, que soplan de día y se manifiestan en la costa sur como vientos del sureste; mientras de noche, la brisa de tierra se manifiesta como viento del noreste (Acevedo, 1992).

Las mareas predominantes en el área poseen un carácter mixto- semidiurno, lo que significa que en un período de 24 horas aproximadamente ocurren dos momentos de pleamares y bajamar, logrando alcanzar valores de amplitud de marea de 0,31 metros (m) en la Bahía de Santiago de Cuba, 0,22 m en Cabo Cruz, Granma y 0,44 m en Punta de Maisí, Guantánamo, valores registrados y validados por la Empresa GEOCUBA Oriente Sur (Agencia EMANAV) con el mareógrafo de presión ubicado al interior de la bahía de Santiago de Cuba y las Tablas de Mareas emitidas por la Agencia de Cartografía Náutica (GEOCUBA, 2021).

Las zonas costeras se ven afectadas por un oleaje altamente energético, debido a la configuración geográfica de los perfiles marinos. Dichos perfiles marinos presentan grandes profundidades cercanas a las costas lo

que unido a los altos valores energéticos de vientos propician que se formen olas con grandes valores significativos en detrimento de la estabilidad costera.

En correspondencia con lo planteado, en la investigación se tiene en cuenta ocho pasos metodológicos. Se modifica lo propuesto por Torres et al., (2022), teniendo en cuenta que los autores proponen una metodología para obtener la variación de la línea de costa con imágenes satelitales de tipo SPOT y en este trabajo se tiene en cuenta las imágenes SENTINEL como fuente información primaria. No obstante, se asumió de dicha metodología la selección del área de estudio, el análisis del área, análisis de los cambios de líneas de costas y en parte la creación de transeptos.

Paso 1. Obtención y procesamiento de imágenes satelitales.

En dicho paso se determinó las zonas de playas a estudiar. Para ello, se emplearon las imágenes SENTINEL, a una resolución espacial de 10 y 30 metros, con una cobertura de nubosidad igual o menor al cinco por ciento. Para las descargas de las imágenes satelitales, se definieron fechas antiguas para lograr su comparación.

De manera particular, para la obtención de las fechas se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

Condiciones climatológicas extremas: Se consideró utilizar las imágenes correspondientes a los meses de enero – marzo, entre los años 2008 y 2022, para un período de 14 años; por coincidir con el período seco y evitar así los cambios anómalos que producen las lluvias y los eventos hidrometeorológicos extremos en el perfil de playa. Para ello se utilizaron los partes meteorológicos emitidos por el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET, 2023) y la base de datos proporcionada en su sitio web por la Administración Nacional de Oceanografía y Atmosfera (NOAA, 2023) del gobierno de los Estados Unidos de América.

Rangos de mareas: Se determinó los rangos de mareas proporcionado por el mareógrafo de presión ubicado en la Bahía de Santiago de Cuba. Esta información fue contrastada por las Tablas de Mareas correspondientes a dicha bahía (GEOCUBA, 2021).

Paso 2. Corrección atmosférica de las imágenes satelitales empleadas.

La corrección atmosférica se utilizó para eliminar o reducir estos efectos atmosféricos en las imágenes satelitales. Este proceso se basó en la eliminación de la radiación atmosférica de la imagen, para obtener una imagen más precisa y de mayor calidad. Las imágenes satelitales utilizadas de Sentinel 2 se escogieron con el nivel de procesado L2A, nivel descriptivo del producto corregido atmosféricamente. Esta característica se tuvo en cuenta cuando se descargaron las imágenes en la plataforma en línea, lo que posibilitó tener las imágenes corregidas desde su descarga en la plataforma.

Paso 3. Georreferenciación con empleo del Sistema de Información Geográfica QGIS.

Las imágenes descargadas se procesaron con el sistema de referencia NAD 27 (North American Datum, 1927) Sistema de Coordenadas Planas: Cuba Sur, Elipsoide Clark 1886, para ello se utilizó el software QuantumGIS (QGIS) en su versión estable 3,24 Tisler.

Paso 4. Recorte de las imágenes de las áreas de interés.

Definida el área de trabajo se procedió a unir las imágenes que correspondieran con el mismo año de trabajo para obtener una sola imagen ráster del área de interés. Estas zonas de estudio fueron delimitadas a escala 1: 5000, lo que permitió ganar en mayor detalle en los resultados obtenidos.

Paso 5. Extracción y digitalización de las líneas de costas.

Para la extracción y delimitación de las líneas de costas se tuvo en cuenta diversos criterios, tales como:

Nivel de referencia. El nivel de referencia empleado fue el Nivel Máximo de las Pleamares en un día, debido a los bajos valores de amplitudes de mareas, coincidiendo con la última marca húmeda de la arena.

Límites en desembocaduras de ríos, estuarios, deltas y el mar. Para ello se determinó que de las ocho playas estudiadas cinco presentan desembocaduras de ríos en su conformación geográfica y los datos presentes en los perfiles cercanos a estas zonas no se tuvieron en cuenta a la hora de determinar los valores de acreción-erosión debido a la constante variación que se encuentran estas zonas de playas producto del flujo y reflujo de la marea, el oleaje y de los aluviones de los ríos.

Escala. Para los trabajos de representación de las líneas de costas se utilizó la escala de trabajo 1 :25000, se empleó el Sistema de Referencia Coordinado aplicado en Cuba, North American Datum 1927, Elipsoide de Clarke 1866, Cuba Sur (NAD27), EPSG: 3796.

Paso 6. Cálculo del Índice de Agua para Sentinel.

Teniendo en cuenta los aspectos antes señalados se procedió al levantamiento de las líneas de costas correspondientes a los años 2008 y 2022 en el software QGIS. Una vez introducida las imágenes satelitales se les aplicó el cálculo del Índice de Agua para Sentinel (Sentinel Water Index), para ello se tuvo en cuenta la siguiente fórmula:

$$SWI = \frac{\rho VRE1 - \rho SWIR2}{\rho VRE1 + \rho SWIR2}$$

Índice de Agua para Sentinel

Donde: $\rho VRE1$ hace referencia a la banda 5 para Sentinel (Borde Rojo de la Vegetación) y $\rho SWIR2$ corresponde a la banda 11 para Sentinel (Infrarrojo de Onda Corta).

Paso 7. Análisis de los cambios en las líneas de costas.

Una vez obtenida las imágenes resultantes en el cálculo de este índice se procedió a digitalizar las líneas de costas para cada año y zonas costeras. Para la determinación de los cambios ocurridos en cada sector costero se trazaron perfiles longitudinales como base inicial la línea de costa más antigua hasta la más actual, con una equidistancia de 10 metros aproximadamente. En el software QGIS 3.24 se obtuvo la distancia cuantificada de cada perfil en metros, lo que posibilitó posteriormente tener una base matemática para determinar las tasas de erosión – acreción; expresadas en metros de retroceso/año, a partir de considerar la variación espacial en la posición (x;y) de dos líneas de costa para fechas diferentes. (Ojeda, 2001). En el caso de la acreción se tuvo en cuenta los metros de avance/año.

Paso 8. Generación de mapas y gráficos para visualizar la variación de la línea de costa.

Los mapas con los resultados obtenidos se elaboraron en el QGIS y su salida cartográfica en imágenes digitales GeoTIFF, permitiendo su uso posterior en otros softwares de información geográfica y archivos en PDF.

Resultados

A partir de los aspectos mencionados se definieron las siguientes playas de estudio, que se tuvieron en cuenta para la búsqueda de información geoespacial (Tabla 1)

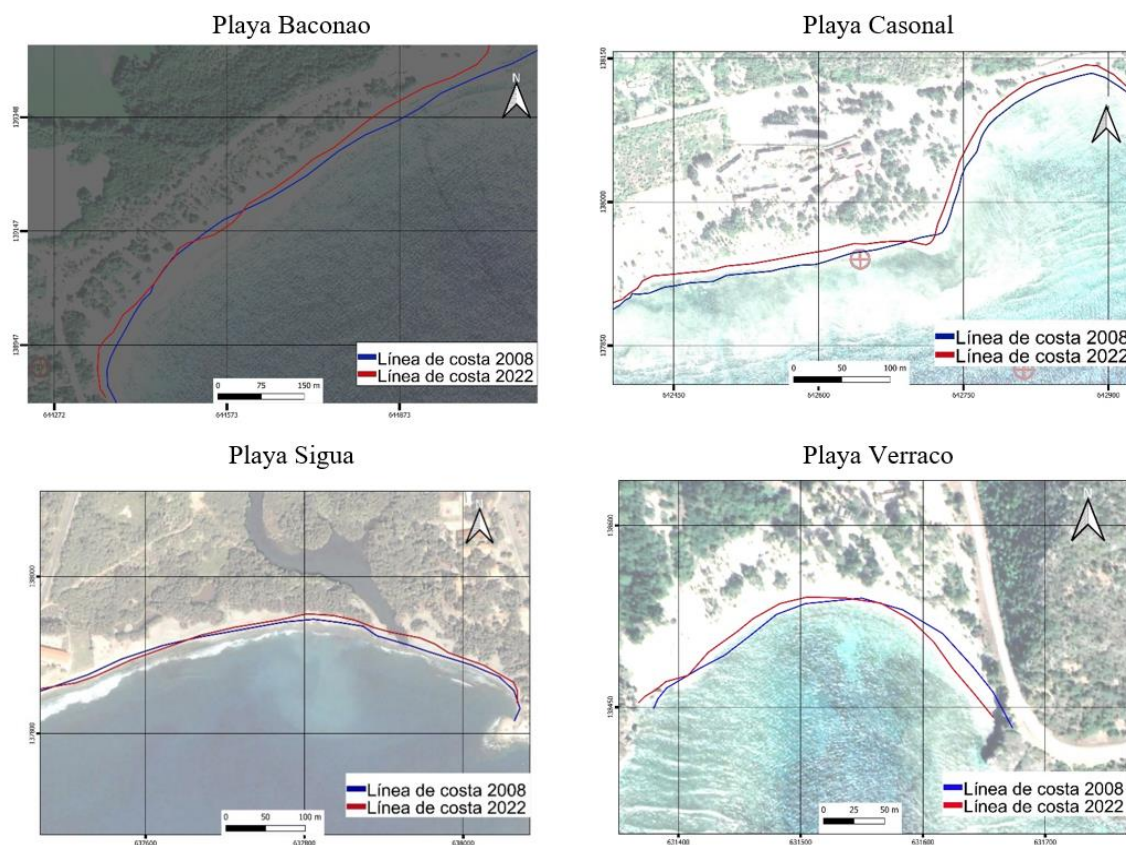
Tabla 1.
Sectores costeros de estudio.

Sectores costeros	Geolocalización WGS 84 EPSG: 4326		Municipio
	Latitud	Longitud	
Playa Baconao	19°54'1.64"N	75°27'5.89"O	Santiago de Cuba
Playa Casonal	19°53'16.25"N	75°28'28.73"O	Santiago de Cuba
Playa Sigua	19°53'20.03"N	75°30'58.30"O	Santiago de Cuba
Playa Verraco	19°53'41.28"N	75°34'36.41"O	Santiago de Cuba
Playa Juraguá	19°56'23.53"N	75°40'20.52"O	Santiago de Cuba
Playa Siboney	19°57'37.46"N	75°42'12.97"O	Santiago de Cuba
Playa La Estrella	19°58'11.38"N	75°52'2.95"O	Santiago de Cuba
Playa Buycabón	19°57'42.24"N	75°57'30.48"O	Santiago de Cuba

Las imágenes de cada sector costero se correspondieron a los meses de enero– marzo de cada año desde el 2008 hasta el 2022. Se obtuvo un total de 112 imágenes satelitales Sentinel 2A, con nivel de procesamiento L2A, de todos los sectores de estudio.

En la Figura 2 se muestra la digitalización de las líneas de costas para cada año y zonas costeras. Ello permitió visualizar el comportamiento de las variaciones en el período 2008 hasta el 2022.

La digitalización de los perfiles longitudinales de playas cuantificó los procesos de erosión y acreción que ocurrieron en cada sector costero de estudio, permitiendo señalar puntualmente cómo se están presentando estos procesos, tal como se muestra en las Figuras 3A, B, C, D.



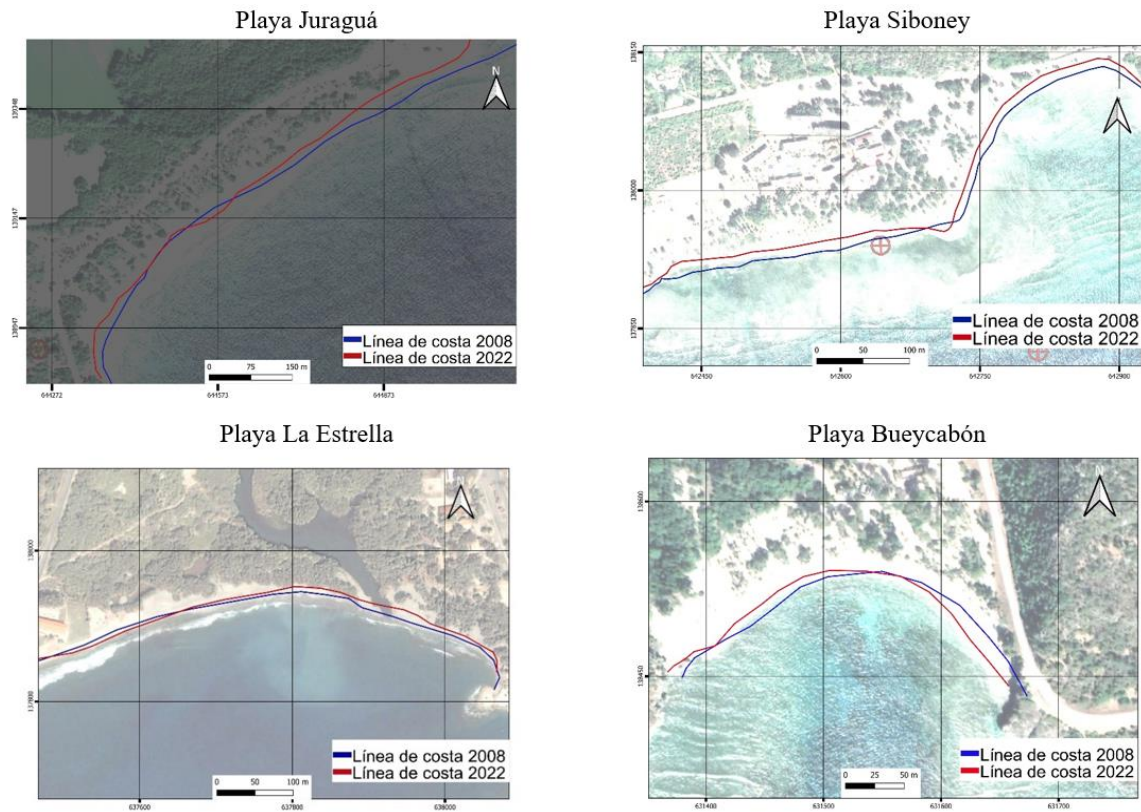


Figura 3. Delimitación de líneas de costas de Playa Baconao, Casonal, Sigua, Verraco, Juaraguá, Siboney, La Estrella y Bueycabón. Fecha de imágenes obtenidas 2008 y 2022

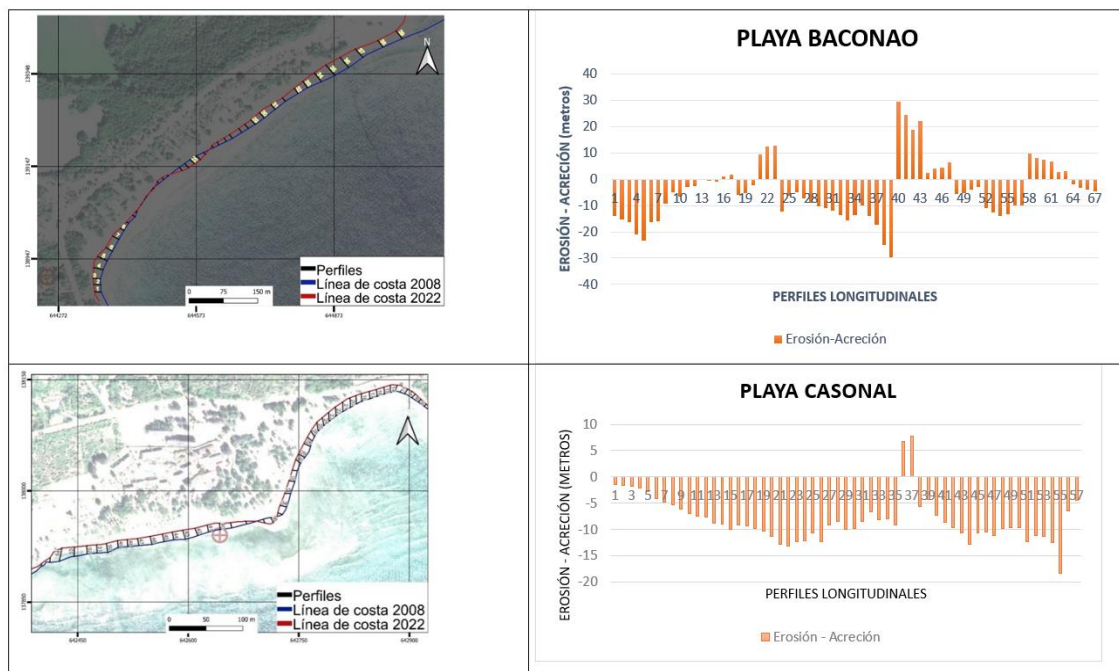


Figura 3A. Localización de perfiles longitudinales en Playa Baconao y Casonal.

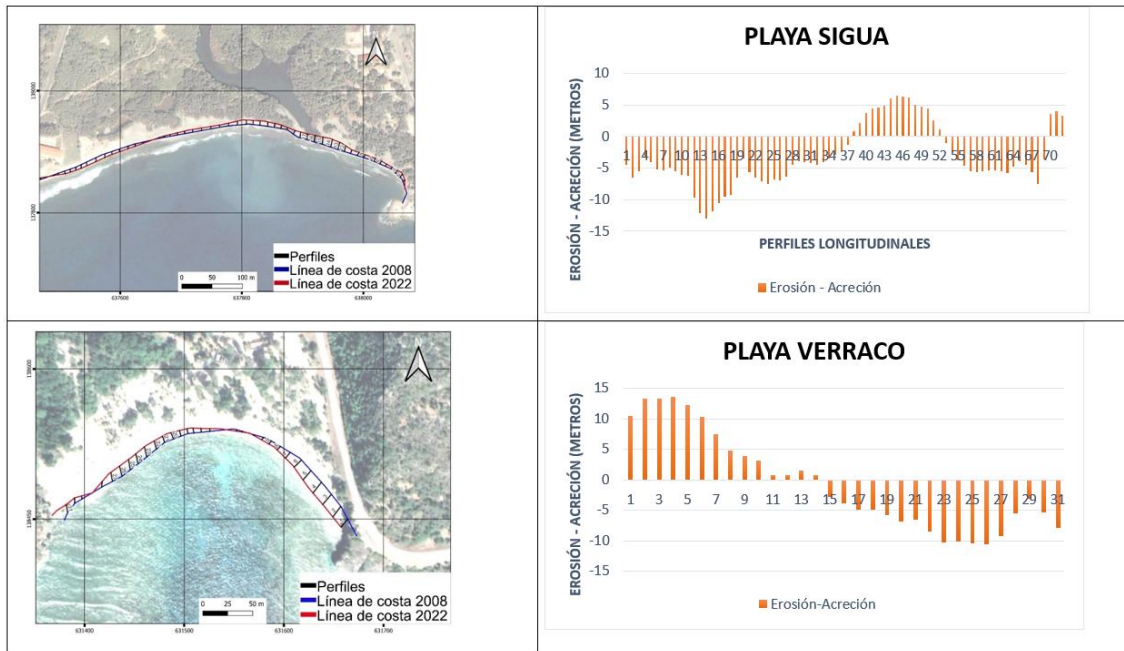


Figura 3B. Localización de perfiles longitudinales en Playa Verraco y Sigua.

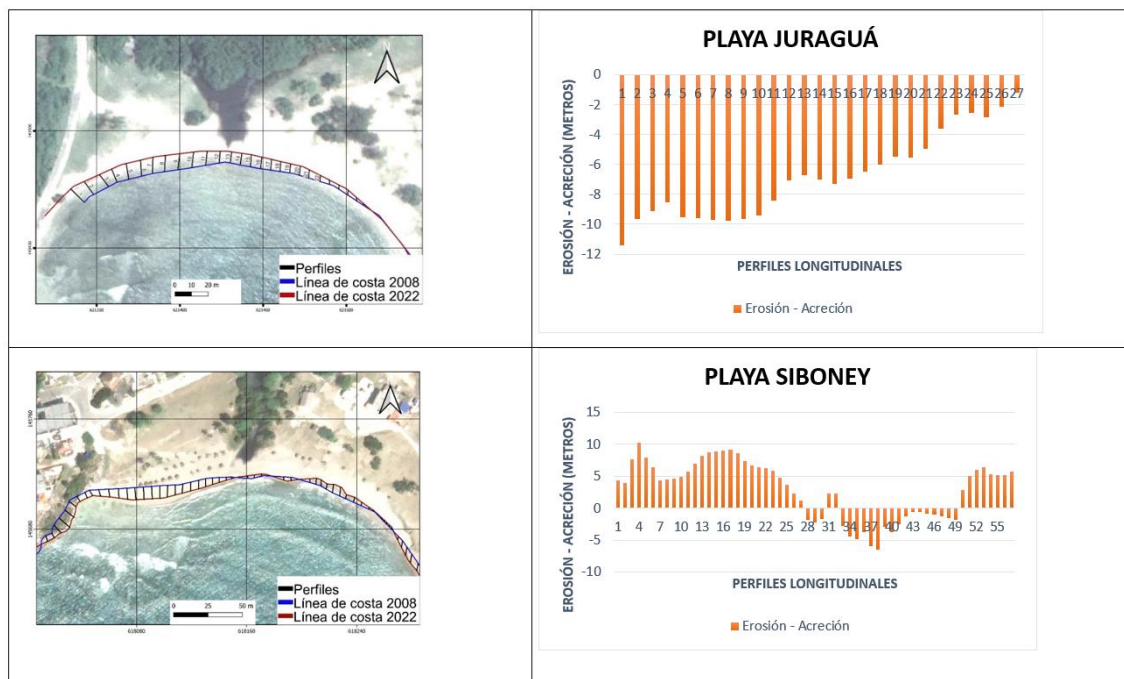


Figura 3C. Localización de perfiles longitudinales en Playa Juraguá y Siboney.

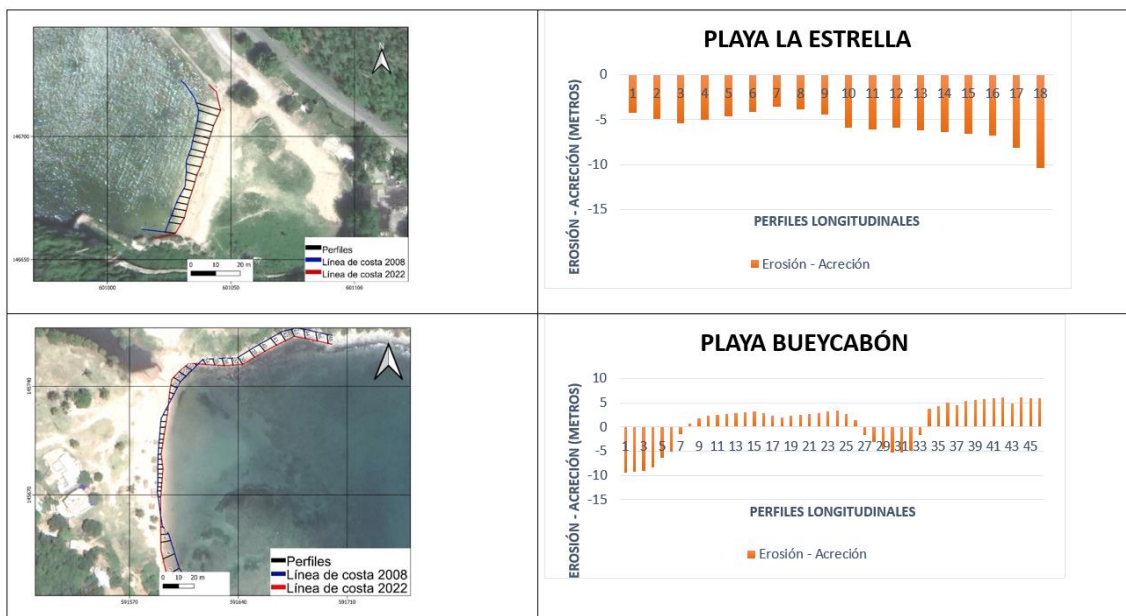


Figura 3D. Localización de perfiles longitudinales en Playa La Estrella y Buycabón.

Discusión

Desde el 2008 hasta el 2022, se presentó una variación total de la línea de costa de -14.06 m, para un promedio -1.76m entre las ocho playas de estudio. En ello incidió principalmente la erosión costera, que alcanzó en los 14 años, una sumatoria de -39.08m, para un promedio de -4.89m según el total de playas. En este sentido, la tasa de erosión promedio se comportó en -0.58 m/año. Las playas más afectadas fueron Casonal, Baconao, Verraco y Juraguá con tasas anuales de -1.61m en el primer caso, -0.7 m en el segundo y -0.49m en los restantes.

Por otra parte, la variación por acreción se comportó en 10.96 m durante todo el período, con un promedio de 1.37m atendiendo al total de playas estudiadas y una tasa de 0.33 m/año. Estuvo presente en seis playas. Los valores más elevados de tasa anual promedio se muestran en Baconao, Cazonal y Verraco con 0.7m, 0.51m y 0.49m respectivamente.

Tabla 2.

Evaluación de los procesos de erosión – acreción en el municipio Santiago de Cuba.

Playas	Variación por erosión en el período (m)	Variación por acreción en el período (m)	Variación total por erosión y acreción en el período (m)	Tasa de erosión (m/año)	Tasa de acreción (m/año)	Total de años
Baconao	-7.61	2.80	-2.41	-0.7	0.7	14
Casonal	-8.51	0.26	-4.13	-1.61	0.51	14
Sigua	-4.19	1.02	-1.59	-0.4	0.29	14
Verraco	-3.76	3.11	-0.33	-0.49	0.49	14
Juraguá	-6.79	0	-3.38	-0.49	0	14
Siboney	-0.91	3.77	1.43	-0.18	0.44	14
La Estrella	-5.68	0	-2.84	-0.4	0	14
Bueycabón	-1.63	0	-0.82	-0.38	0.26	14
ΣTotal	-39.08	10.96	-14.06	-4.65	2.69	14
Promedio total	-4.89	1.37	-1.76	-0.58	0.33	14

Los resultados en Playa Casonal se corresponden con lo planteado por Velázquez et al., (2021), sólo con una diferencia de -0.51m del actual estudio con respecto al anterior. En Verraco, se observa un incremento

de -0.33m en el actual estudio, en relación al anterior realizado por el mencionado autor. En Siboney, en el 2021 se obtenía -0.78m/año mientras en el 2022, según el método aplicado, se alcanzó -0.18m/año. Se corrobora que la erosión costera, continúa siendo uno de los peligros existentes en la provincia Santiago de Cuba (Galbán-Rodríguez, et al., 2020).

Entre las principales causas de la erosión en el borde costero se encuentran el incremento en la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos en el Caribe, que generan un fuerte oleaje, la sobreelevación del nivel medio del mar, las inundaciones costeras, todo lo cual ha impactado de manera directa sobre las costas, como ocurrió cuando el huracán Sandy en el año 2012.

A pesar de que el origen de los sedimentos es en gran medida oceánico, la principal fuente de aporte en la zona de estudio la constituyen las redes fluviales (Galbán-Rodríguez, et al., 2020), cuyo material arenoso, en épocas de intensas lluvias, llega hasta la desembocadura y es distribuido por la acción de las olas por la costa, en dirección oeste esencialmente. Por lo que, una anomalía en el aumento de los períodos secos, conllevaría a la disminución de los aportes sedimentarios de las playas.

También la acción antrópica ha incidido en la erosión costera. Ello ha ocasionado cambios en los usos del suelo, así como en el drenaje natural, alto impacto ecosistémico, la pérdida de la duna, además de las afectaciones al transporte y distribución de los sedimentos que llegan al litoral. La conservación de los puntos con mayor presencia y anchura de duna reafirma la importancia de los depósitos sedimentarios en los procesos de la dinámica costera, necesarios para la regeneración ante los procesos erosivos y la expansión de la playa, de interés no solo natural, sino, socioeconómico.

Conclusiones

El análisis de imágenes satelitales históricas de ocho playas del municipio Santiago de Cuba, en el período 2008- 2022, evidenció cambios en la línea de costa. Desde el 2008 hasta el 2022, se presentó una variación total de la línea de costa de -14.06 m, para un promedio -1.76 entre las ocho playas de estudio. En ello incidió principalmente la erosión costera, que alcanzó en los 14 años, una sumatoria de -39.08m, para un promedio de -4.89m según el total de playas. En este sentido, la tasa de erosión promedio se comportó en -0.58 m/año. Las playas más afectadas fueron Casonal, Baconao, Verraco y Juraguá con tasas anuales de -1.61m en el primer caso, -0.7 m en el segundo y -0.49m en los restantes.

Por otra parte, la variación por acreción se comportó en 10.96 m durante todo el período, con un promedio de 1.37m atendiendo al total de playas estudiadas y una tasa de 0.33 m/año. Estuvo presente en seis playas. Los valores más elevados de tasa anual promedio se muestran en Baconao, Cazonal y Verraco con 0.7m, 0.51m y 0.49m respectivamente. Las líneas de tendencia aplicadas a los datos obtenidos, expresan un incremento progresivo de dicha tasa, en lo cual inciden factores naturales y antrópicos.

Proyecto de Investigación

Esta investigación se desarrolló en el marco del al Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado "Monitoreo y manejo integrado de ecosistemas costeros ante el cambio climático en la región oriental de Cuba. (ECOS)", con código PS223LH001-016, asociado al Programa Sectorial Educación Superior y Desarrollo Sostenible, aprobado por el Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba y ejecutado desde el Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras en la Universidad de Oriente, en Cuba.

Referencias bibliográficas

- Acevedo González, M. (1992). Geografía física de Cuba. Cuba: Pueblo y Educación.
- Bates, A. E., Primack, R. B., Biggar, B. S., Bird, T. J., Clinton, M. E., Command, R. J., Richards, C., Shellard, M., Gerald, N. R., Vergara, V., Acevedo-Charry, O., Colón-Piñero, Z., Ocampo, D., Ocampo-Peñuela, N., Sánchez-Clavijo, L. M., Adamescu, C. M., Cheval, S., Racoviceanu, T., Adams, M. D., ... & Duarte, C. M. (2021). Global COVID-19 lockdown highlights humans as



- both threats and custodians of the environment. *Biological Conservation*, 263, 109175. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109175>
- Batista, C. M. (2015). La experiencia de la región Suroriental de Cuba en el enfrentamiento al cambio climático. *Arquitectura y Urbanismo*, 36(2), 120–127.
- Cabezas Rabadán, C., Almonacid Caballer, J., Pardo Pascual, J. E., & Soriano González, J. (2017). Variabilidad de la línea de costa a partir de imágenes de satélite y su relación con la textura del sedimento. Valencia: Polytechnic University of Valencia. <http://dx.doi.org/10.4995/CIGeo2017.2017.6628>
- Cem. (2003). Appendix a - Glossary of Coastal Terminology. *Coastal Engineering Manual*, 1100(July), A-1 to A-94.
- CEPAL. (2018). Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe. Metodologías y herramientas para la evaluación de impactos de la inundación y la erosión. Organización de Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44096/1/S1800601_es.pdf
- Cervantes, Y., Almague, Y., Pierra, A., Orozco, G., & Gursky, H. (2009). Variación de la dinámica erosiva y acumulativa en Cayo Moa Grande, Bahía de Moa, Cuba. Período 1972–2007. *Minería y Geología*, 25(4).
- Chávez, I. M. B., Milanés, C. B., Montero, O. P., Suarez, C. V., & Cabas, M. (2021). Caracterización de las tipologías del medio físico construido en frentes de playa: Municipio Guamá (Cuba). *Módulo Arquitectura CUC*, 27(27), 113–144. <https://doi.org/10.17981/MOD.ARQ.CUC.27.1.2021.05>
- Consejo de Estado. (2000). Decreto-Ley No. 212, Gestión de la Zona Costera. *Gaceta Oficial de La República de Cuba*. Edición Ordinaria, 83(3), 1339.
- Domínguez Hopkins, R., Velázquez Labrada, Y. R., & García Tejera, R. (2018). Las secuencias de imágenes como alternativa didáctica en el desarrollo de la práctica de campo en la carrera Licenciatura en Educación. *Biología Geografía. Ciencia en su PC* (2), 58-68. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358410006>
- Galbán Rodríguez, L., Guardado Lacaba, R. M., & Chuy Rodríguez, T. J. (2021). Principales procesos y fenómenos geológicos conducentes a riesgos en la provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 49, 15–25. <https://doi.org/10.15446/rbct.n49.92807>
- GEOCUBA (2021). Tablas de Mareas emitidas por la Agencia de Cartografía Náutica.
- González Díaz, P. (2015). Manejo Integrado de Zonas Costeras en Cuba. Estado Actual, retos y desafíos. <https://acortar.link/ywEnQA>
- INSMET (2023). Sitio oficial. <http://www.insmet.cu/asp/link.asp?PRONOSTICO>
- IPCC. (2014). Climate Change Synthesis Report. Summary for Policymakers. The Core Writing Team. https://www.gerics.de/imperia/md/content/csc/ipcc/syr_ar5_spmcorr1.pdf
- Milanes Batista, C., Pérez Montero, O., Cabrera, A., & Cuker, B. (2021). Recommendations for coastal planning and beach management in Caribbean insular states during and after the COVID-19 pandemic. *Ocean & Coastal Management*, 208, 105575. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2021.105575>
- Milanés Batista, C., & Acosta Velasco, B. (2021). Metodología para el ordenamiento marino costero en playas. In *Corporación Universidad de la Costa*.
- Milanés Batista, C., & Pérez Montero, O. (2017). Ordenamiento y manejo integrado de la zona costera frente a los riesgos del cambio climático en la región Suroriental de Cuba. *Anales de La Academia de Ciencias de Cuba*. <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/572>
- Milanés, C., Rodríguez, R., & Pérez, O. (2009). Bases para el progreso de los programas de ordenamiento territorial en zonas costeras. *Ciencia En Su PC*, 4, 16–26. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181317813002>
- Montero González, Y., & Pérez Montero, O. (2014). Estudio de la erosión de playa Sevilla bajo el enfoque de manejo integrado de zonas costeras. *Ciencias En Su PC*, 1, 1–14.
- NOAA (2023). Sitio oficial. <https://www.nhc.noaa.gov/data/hurdat/hurdat2-1851-2022-042723.tx>
- Ojeda Zújar, J. (2001). Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. *Boletín de la A.G.E.*, 103-118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1122902>
- ONEI. (2022). Panorama Ambiental de Cuba. 2021. La Habana: Dirección Estadísticas Básicas.
- Pranzini, E., Anfuso, G., Botero, C. M., Cabrera, A., Apin Campos, Y., Casas Martínez, G., & Williams, A. T. (2016). Sand colour at Cuba and its influence on beach nourishment and





- management. *Ocean & Coastal Management*, 126, 51–60. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2016.03.013>
- Rangel-Buitrago, N., Neal, W. J., & de Jonge, V. N. (2020). Risk assessment as tool for coastal erosion management. *Ocean & Coastal Management*, 186, 105099. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2020.105099>
- Sosa Fernández, M., Curra Sánchez, E. D., Lorenzo Sánchez, S., Macle, J., Martínez Bayón, C., & Montesinos, D. (2016). Estimación del cambio costero a largo plazo en las playas del oeste de la Habana. *Serie Oceanológica*, 15.
- Soto, E. H., Botero, C. M., Milanés, C. B., Rodríguez-Santiago, A., Palacios-Moreno, M., Díaz-Ferguson, E., Velázquez, Y. R., Abbehusen, A., Guerra-Castro, E., Simoes, N., Muciño-Reyes, M., & Filho, J. R. S. (2021). How does the beach ecosystem change without tourists during COVID-19 lockdown? *Biological Conservation*, 255, 108972. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2021.108972>
- Torres, L. C., Caravaca, A. M., Reyes, I. F., Chang, E. O., Llull, M. S., & Colina, L. C. (2022). An Improvement Method to Study the Spatio—Temporal Dynamics of Rancho Luna Beach´ Shoreline Applying Remote Sensing Tools. *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences*, 69–80. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88919-7_6
- Trist, E., & Mart, L. J. (2002). Evaluación de los procesos de erosión en las playas interiores de Cuba. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/517>
- Velázquez Labrada, Y. R., Castellanos González, J. R., Pérez Benitez, M., Domínguez Hopkins, R., Romero Pacheco, E. V., & García Tejera, R. (2019). Monitoreo de playas en Santiago de Cuba desde el Manejo Integrado de Zonas Costeras para el enfrentamiento al cambio climático. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/6085>
- Velázquez Labrada, Y.R., Castellanos González, J.R., Reales Lopez, G.J., & Pérez Montero, O. (2021). Gestión ambiental ante la erosión costera en playas de Santiago de Cuba. XIII Convención Internacional Sobre Medio Ambiente y Desarrollo. <https://www.researchgate.net/publication/353081018>
- Williams, A. T., Rangel-Buitrago, N., Pranzini, E., & Anfuso, G. (2018). The management of coastal erosion. In *Ocean and Coastal Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.022>

