

LÍNEA DE COSTA DEL ARCHIPIÉLAGO CUBANO: MODELO VECTORIAL PARA LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA AMBIENTAL

Coastline of the Cuban archipelago: a vector model for environmental thematic mapping

✉Joán Hernández Albernas¹, ✉Mattia Barsanti², ✉Reynaldo Estrada-Estrada³, ✉Víctor Manuel Navarro Falcón⁴,
✉Grabiél D. Fuentes León⁴, ✉Jorge A Tamayo-Fonseca⁵, ✉Dafnet Sánchez de Céspedes⁶, ✉Mirza Pérez Posada⁷,
✉Ivalut Ruiz Rivera⁷, ✉Leonardo Espinosa Pantoja⁸, ✉Gustavo Martín Morales⁹, ✉Gabriel Alejandro Fajardo Pérez⁴,
✉Minerva Sánchez Llull⁴, ✉Ana Flavia Roldán Ramos⁴, ✉Miguel Gomez Batista⁴, ✉Yusmila Helguera Pedraza⁴

¹Refugio de vida silvestre Cayo Francés. Plaza extrahotelera Cayo Santa María, Villa Clara, Cuba.

²ENEA Centro Ricerche Santa Teresa, Via Santa Teresa 1, Lerici, 19032, La Spezia, Italia.

³Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre (FANJ). Encarnación No. 203 e/Flores y Serrano. Luyanó, Habana, Cuba.

⁴Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos. CITMA. AP 5, Ciudad Nuclear, 59350, Cienfuegos, Cuba.

⁵Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO), Jose A. Saco 601, Santiago de Cuba, Cuba.

⁶Empresa Flora y Fauna, Camagüey, Céspedes 4, Rpto Jayama, Camagüey, Cuba.

⁷UEB Este del archipiélago de los Colorados, km2, Viñales, Pinar del Río, Cuba.

⁸Parque Nacional Cayos de San Felipe, Ave del Puerto, La Coloma, Pinar del Río, Cuba.

⁹Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA). UNAM. Campus Morelia. Calle Hacienda San Blas 42, Michoacán. México.

RESUMEN: Se presenta un modelo vectorial actualizado de la línea de costa de la República de Cuba, diseñado para mejorar la precisión y compatibilidad de la cartografía temática ambiental. A partir de fuentes satelitales de alta resolución (Agencia Espacial Europea, Sentinel-2) y técnicas de procesamiento geoespacial, se genera una representación detallada (1:25000) que permite aplicaciones en gestión costera, conservación ecológica y planificación territorial. El análisis del vector (con exactitud global del 94%), ofrece un estimado de la superficie del archipiélago cubano (109887,43 km²) muy similar al dato oficial del país; sin embargo, la longitud estimada para el litoral costero de la isla de Cuba (8517,67 km) contrasta con los 5746 km reflejados por la Oficina Nacional de Estadística e Información por más de una década.

Palabras clave: litoral costero, dimensiones de Cuba, capa vectorial, planimetría, teledetección, SIG, Sentinel-2, NDWI, GEE.

ABSTRACT: An updated vector model of the coastline of the Republic of Cuba is presented, designed to improve the accuracy and compatibility of thematic environmental mapping. Using high-resolution satellite data (European Space Agency, Sentinel-2) and geospatial processing techniques, a detailed representation (1:25000) is generated, enabling applications in coastal management, ecological conservation, and land use planning. The vector analysis (with 94% overall accuracy) provides an estimate of the Cuban archipelago's surface area (109887.43 km²) very similar to the country's official figure. However, the estimated length of Cuba's coastline (8517.67 km) differs from the 5746 km reported by the National Office of Statistics and Information for over a decade.

Keywords: coastline, Cuba metrics, vector layer, planimetric, remote sensing, GIS, Sentinel-2, NDWI, GEE.

INTRODUCCIÓN

La línea de costa constituye un elemento crítico en la cartografía temática ambiental, especialmente en países insulares como Cuba. Su representación es variable en el tiempo y la falta de un repositorio oficial que estandarice

esa información provoca el uso de versiones diferentes y modificadas del original, a menudo sin que los usuarios lo sepan. Las limitaciones en cuanto a resolución, acceso y actualización también atentan contra nuevos análisis espaciales que irán demandando los cambios ambientales futuros.

*Autor de correspondencia: joan.hdeza@gmail.com

Recibido: 22/10/2025

Aceptado: 09/12/2025

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores: Conceptualización y redacción - borrador original: Joán Hernández Albernas. Metodología: Mattia Barsanti, Joán Hernández Albernas, Gustavo Martín Morales, Gabriel Alejandro Fajardo Pérez. Software (Geoprocesamiento): Joán Hernández Albernas, Mattia Barsanti, Reynaldo Estrada Estrada, Víctor Manuel Navarro Falcón, Grabiél D. Fuentes León. Redacción - revisión y edición: Minerva Sánchez Llull, Víctor Manuel Navarro Falcón, Reynaldo Estrada Estrada, Mattia Barsanti, Joán Hernández Albernas. Validación: Joán Hernández Albernas, Yusmila Helguera Pedraza, Miguel Gómez Batista, Grabiél D. Fuentes León, Jorge A Tamayo Fonseca, Dafnet Sánchez de Céspedes, Mirza Pérez Posada, Ivalut Ruiz Rivera, Leonardo Espinosa Pantoja, Ana Flavia Roldán Ramos.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Los avances tecnológicos en la teledetección, con la puesta en marcha de nuevos programas espaciales y accesibilidad de sus productos por la comunidad científica, se traducen en continuas mejoras de los geo-modelos anteriores que se han basado en cartografía impresa o rasterizaciones de baja resolución. En este sentido, los procesos asociados a la dinámica costera (erosión, sedimentación, eventos extremos) están imponiendo en varias regiones del planeta actualizaciones más frecuentes de la interfaz tierra-mar, si se desea una planificación estratégica coherente para la adaptación al cambio climático, la protección de los recursos naturales y las comunidades vinculadas.

El reto para el desarrollo de una buena cartografía temática ambiental en islas con plataformas sumergidas extensas como las del archipiélago cubano, está en hallar métodos automatizados con mayor precisión para delimitar ecosistemas costeros, zonas vulnerables y áreas protegidas. La propia cronología de las estimaciones de la dimensión del archipiélago (Núñez-Jiménez, 2014) refleja las variaciones de métodos planimétricos que han ido evolucionando en la determinación de la parte emergida de la nación.

El litoral cubano ha sido objeto de múltiples estudios debido a su vulnerabilidad frente al cambio climático (Mitrani, 2006; Martínez, 2010; Iturralde & Serrano 2015; Planos & Vega, 2015; Pacheco & Díaz, 2020; Martínez & Suárez, 2021) y la presión antrópica (Aké y Rivera-Arriaga, 2024). Investigaciones previas han documentado procesos de erosión y acreción en diversas regiones del país (Castellanos et al., 2023), así como transformaciones geológicas a largo plazo (Iturralde, 2013). En múltiples ocasiones la necesidad de evaluar los daños costeros por huracanes, la delimitación inequívoca de áreas protegidas, o la identificación de potenciales sumideros de carbono azul requieren de una línea de costa actualizada no siempre disponible para la escala de trabajo requerida.

El acceso a imágenes satelitales con alta resolución espacio-temporal y el geoprocésamiento con índices espectrales específicos permite una evaluación rápida, precisa y actualizada de la morfología costera. Este trabajo propone un modelo vectorial de la línea costera del archipiélago cubano que responda a necesidades actuales de análisis espacial y gestión ambiental a nivel nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio comprende el archipiélago cubano localizado entre los 23.3°N; 83.0°O y 19.8°N; 74.0°O, vértices diagonales de un polígono imaginario que encierra toda el área emergida de la plataforma del país. Destaca en este mosaico de islas, Cuba, considerada por su extensión superficial, la mayor de todas las Antillas (ONEI, 2024)

El procesamiento inicial para la obtención del modelo raster básico con la matriz binaria tierra-agua fue desarrollado sobre la plataforma Google Earth Engine (GEE). Esta plataforma disponible gratuitamente por Google LLC, sin fines de lucro, se presentó en la Conferencia Internacional sobre el Clima COP16 en Cancún, México. Fue la primera plataforma de análisis de datos geoespaciales a escala planetaria, nativa de la nube, diseñada para que los datos de observación de la Tierra fueran

accesibles principalmente a los científicos ambientales. Específicamente, el impulso inicial para el proyecto GEE surgió de geólogos brasileños en 2008, quienes buscaban detener la pérdida anual de más de un millón de acres de selva amazónica (Cardille et al., 2024). GEE alberga un vasto catálogo de imágenes satelitales, conjuntos de datos geoespaciales, y también proporciona API (Interfaces de Programación de Aplicaciones) en JavaScript y Python, así como procesamiento del lado del servidor, para que los usuarios puedan realizar análisis a gran escala aprovechando la potencia de los servidores remotos de Google.

A partir del script recomendado en Ujaval (2023), con una modificación parcial de los autores <https://code.earthengine.google.co.in/d58594416af3d0c5eebc3a7e30efdfe7> se obtuvo el ráster base para el posterior geoprocésamiento. En síntesis, el script ejecutado realiza una composición vía GEE utilizando el método `ImageCollection.median()`, creando una colección de imágenes para las bandas Sentinel-2 a una resolución espacial de 10m (Azul, Verde, Rojo e Infrarrojo) para el período enero-marzo de 2025. Para cada pixel correspondiente se calculó la mediana de las cuatro bandas, devolviendo una única imagen compuesta que representa el valor central para cada pixel. Luego basado en la extracción del índice diferencial normalizado de agua (NDWI) (McFeeters, 1996), y la clasificación por umbral (>0) se logra la matriz binaria (fig. 1a).

La vectorización de esta imagen ráster se realizó en QGIS 3.40.5, sobre el sistema de referencia WGS 84, EPSG 4326. Se aplicó limpieza automática de todos los polígonos que se mostraban externos a la isobata de 200 m. Se creó un buffer interior al contorno litoral (2 km) y a partir de este, se rellenaron los agujeros interiores, que representan embalses y lagunas. El resto de los polígonos y anillos con conexión evidente al mar fueron revisados manualmente y editados si era requerido, contrastando el vector con imágenes satelitales bases que brinda Bing y Google, del complemento Quick map services en el software QGIS. Como la revisión manual fue exhaustiva, los polígonos nuevos respecto a modelos anteriores se contrastaron con varias imágenes para descartar si eran producto de nubes u otra interferencia. El producto resultante de bordes aserrados por efecto del pixelado se sometió a un suavizado final con desplazamiento del 35% y 4 iteraciones para una representación más ajustada a la geometría del contorno litoral (fig. 1b).

Los cálculos para la determinación de áreas y perímetros se realizaron sobre proyecciones planas, una para la conservación de áreas (Albers Equal Area) y otras de tipo conforme, usualmente tratadas en el contexto cubano (Cuba N/Cuba S y UTM, 16/17/18). En estas proyecciones conformes donde el territorio abarca más de una, se trabajó con cada sector por separado reproyectado y luego se sumaron las métricas. También se hizo el cálculo sin reproyectar el vector con EPSG 4326, utilizando la función de cálculo directo de QGIS sobre el elipsoide de referencia WGS 84.

Para estimar la exactitud temática del modelo se utilizaron las métricas de exactitud global (overall accuracy) y coeficiente Kappa (Cohen, 1960), a partir de una matriz de confusión balanceada por clases (tierra/mar), construida con 358 puntos de validación en campo.

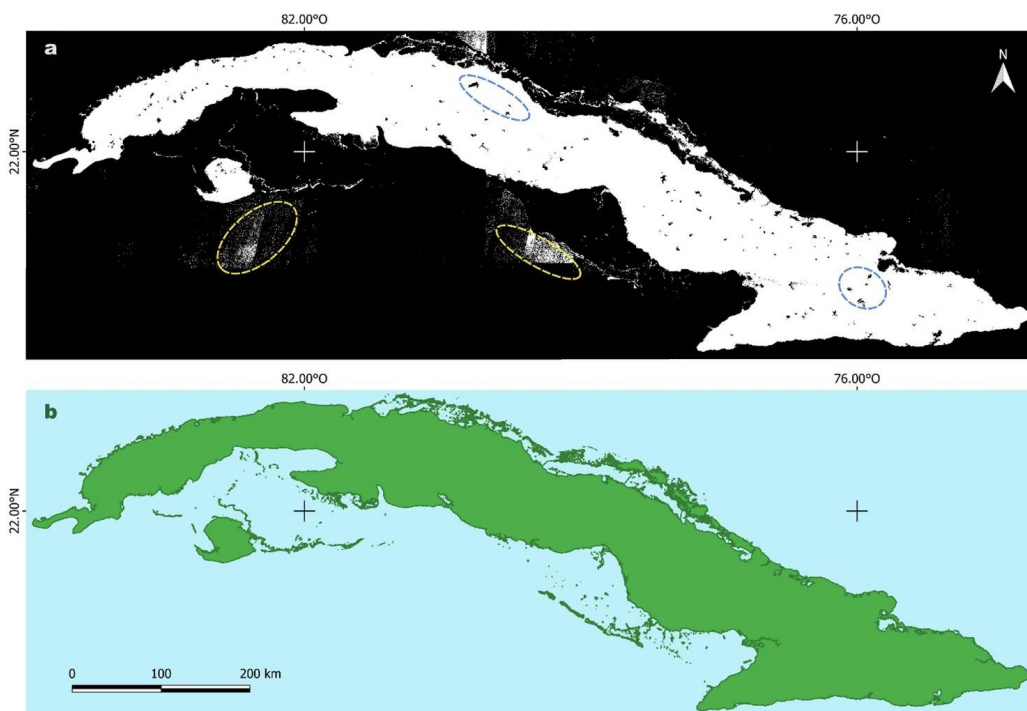


Figura 1. a) Modelo ráster primario como salida del procesamiento en GEE. Píxeles con interferencia por olas, nubes, artefactos (discontinuas amarillas) y cuerpos de aguas interiores detectados (discontinuas azules) requieren tratamiento posterior. b) Modelo vectorial postprocesado, definiendo la superficie emergida del archipiélago.

Para una mejor representatividad espacial del diseño de validación se incluyeron puntos georeferenciados por los autores durante la circunnavegación del archipiélago en el proyecto “Bojeo a Cuba” (Cubadebate, 2023, septiembre 29), y en varias áreas protegidas dispersas en ambas costas del territorio nacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un modelo vectorial de tipo multipolígono, con el nombre “Costa_Cuba_2025”, versión 1.1.1, empaquetado en 536,5 Mb de formato geopackage (.gpkg), válido para representar la línea de costa de la República de Cuba hasta una escala de 1:25000. Con acceso público y disponible desde el 2025/11/14 bajo licencia CC BY-SA 4.0 en <https://doi.org/10.5281/zenodo.17611964>, el fichero contiene los metadatos necesarios para información adicional. La República de Cuba es el nombre de la nación que incluye todo el archipiélago formado por la mayor isla de Las Antillas (Cuba), la Isla de la Juventud y numerosos cayos e islotes que en nuestro estudio sobrepasan los 20000, donde prevalecen las comunidades de manglares.

La delimitación de cuerpos de agua y tierra es un tema ampliamente abordado y en continua evolución en el procesamiento geomático a partir de las mejoras en teledetección (McFeeters, 1996; Moore, 2000; Feyisa et al., 2014; Maglione et al., 2014; Choung, Y. J., 2015; Choung, Y. J. & Jo, M.H., 2017; Torres et al., 2020). En el país existen varios modelos del contorno litoral y metodologías para definirla que han sido publicados (NC, 1984; ICGC & IG-ACC, 1989; Álvarez & González, 2019; IGT, 2020; Tamarit et al., 2012; Olivera, 2015; Ojeda et al., 2020), otros permanecen en el ámbito de grupos técnicos

institucionales, y algunos están en desarrollo (Olivera, 2025 com. pers). Sin embargo, el hecho de no existir un repositorio oficial que establezca el fácil acceso al vector en sí, facilita que investigadores no siempre vinculados a la geomática trabajen capas de inestimable valor sin metadatos, con modificaciones del origen desconocidas, y luego se conviertan en base de estadísticas de análisis sin siquiera mencionar el origen, escalas y actualidad. El desarrollo de la cartografía temática para el estudio, inventario y administración de los recursos naturales y la protección del medio ambiente es, sin lugar a dudas la tarea más compleja e interdisciplinaria que tienen los geógrafos y cartógrafos cubanos para los próximos años (ICGC & IGT, 1989).

La superposición de esta capa sobre los servicios disponibles online de imágenes satelitales de alta resolución en las plataformas Bing y Google, brinda una certeza visual rápida del ajuste que se logra (fig. 2). La detección del límite costero resulta más precisa para zonas de costa rocosa (fig. 2a), donde la interfaz tiene mayor contraste de tonalidades y son topográficamente altas (Iturralde, 2013), respecto al nivel superficial del mar. Por ello, las zonas más variables, al compararse con modelos similares como el de Ojeda et al. (2020), radican en acumulaciones someras de sedimentos fangosos o arenosos (playas) y médanos rocosos, pues el momento de adquisición de la imagen a procesar es crítico teniendo en cuenta que la marea es un fenómeno oscilatorio que expone o inunda superficies cambiando constantemente el contorno del litoral.

El análisis de la información geoespacial del vector resultante destaca en los atributos de superficie (área) y perímetro (línea de costa) de los polígonos definidos (tablas 1 y 3), calculados para varias proyecciones y sobre el modelo elipsoidal directamente.



Figura 2. Ajuste del modelo sobre diferentes tipos de costas cubanas, para la escala 1:25000. a) rocosa, b) de manglar, c) arenosas, d) antropizadas

Tabla 1. Estimados del área superficial (km²) para elementos de interés en el modelo

Según proyecciones	Archipiélago cubano	Isla de Cuba	Isla de la Juventud	Cayos restantes
Albers Equal Area	109887,43	104997,56	2201,39	2688,48
Cuba Norte/Cuba Sur	109886,54	104997,99	2201,37	2687,17
Sin proyección plana SRC_ EPSG: 4326	109887,41	104997,56	2201,39	2688,46

Tabla 2. Cronología de algunas métricas estimadas para la geografía cubana.

Autores	Año	Archipiélago cubano	Isla de Cuba	Isla de la Juventud	Cayos restantes
*Alejandro de Humboldt Bauzá	1825	131768	-	-	-
*Esteban Pichardo	1854	123809	-	-	-
*Hidrographic Office, USA	1896	119195	-	-	-
*War department, USA	1897	113960	-	-	-
*Robert Hill	1898	111000	-	-	-
*ACC e ICGC	1965	110920	-	-	-
Ojeda et al.	2020	109460,99**	104701,09	2192,43	2567,47
Oficina Nacional de Estadísticas e Información	2024	109884,01***	104338,33	2419,27	3126,41
En este trabajo	2025	109887,43	104997,56	2201,39	2688,48

*citados por Núñez-Jiménez (2014). **estimado del periodo seco del 2016. ***no se indica el año de este estimado, aunque se mantiene constante en todos los anuarios hace más de una década.

Se destaca la similitud del estimado para el área de superficie emergida, por lo que se infiere que las distorsiones entre proyecciones para el cálculo han sido minimizadas para el área de estudio. Se asumen los valores calculados sobre Albers Equal Area como los más exactos, pues como es equidistante la proyección, no debe deformar las áreas representadas.

Un análisis cronológico de estimaciones publicadas por Núñez-Jiménez (2014) y otras más recientes, sugiere que, con la modernización de los métodos de trabajo, se tiene en la actualidad un valor del área con mayor exactitud respecto al tamaño real de nuestras islas, que en el siglo pasado (tabla 2). Las principales limitaciones en el modelo actual deben asociarse a los diferentes instantes donde se toman las

imágenes por el satélite que representan variaciones de la marea fuera de control en este estudio.

Las proyecciones conformes preservan los ángulos y las formas locales, lo que las hace óptimas para cálculos de longitudes y perímetros, por ello asumimos los valores calculados y sumados para los sectores correspondientes de UTM que cubren el archipiélago, con el datum WGS84 como los más exactos para describir la línea de costa cubana. Aquí debemos resaltar que todos los valores obtenidos en este estudio respecto a las longitudes litorales del país, son muy superiores a las que se ofrecen en el “Anuario Estadístico” del país que se han mantenido por más de una década sin variación. Por ejemplo, los 8517,67 km estimados para la Isla de Cuba por nuestro modelo (tabla 3),

dista considerablemente de la cifra de 5746 km que es el dato oficial con que trabaja el país (ONEI, 2024). Ojeda et al. (2020) usando también el NDWI sobre imágenes Sentinel del año 2016, ya habían estimado valores superiores a los 8200 km para la costa cubana.

4-15. <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2023.9.01>

Cardille, Jeffrey A., Crowley, Morgan A., Saah, David & Clinton, Nicholas E. Cloud-Based Remote Sensing with

Tabla 3. Estimados de la línea de costa (km) para elementos de interés en el modelo

Según proyecciones	Archipiélago cubano	Isla de Cuba	Isla de la Juventud	Costa Norte	Costa Sur
UTM (16/17/18)	26296,81	8517,67	423,05	4629,12	3888,56
Cuba Norte/Cuba Sur	26296,82	8519,01	423,05	4630,70	3888,31
Sin proyección plana SRC_ EPSG: 4326	26293,03	8519,04	423,05	4630,71	3888,33

Es lógico pensar que modelos construidos a partir de imágenes de alta resolución espacial, ofrezcan mayor cantidad de irregularidades y accidentes en la representación de una línea costera que a otras escalas podían tener segmentos más rectilíneos. Este carácter fractal de la línea de costa (Olivera, 2015) determina diferencias importantes para encontrar un valor absoluto de su longitud, por lo que sugerimos que para futuras investigaciones donde se involucre la zona costera a escala regional o local con escala de trabajo 1:25000, se considere este modelo de 2025 como base en materia de métricas y actualizaciones.

En cuanto a la precisión del modelo se obtuvo un valor de exactitud global de 94,1 % y un coeficiente Kappa de 0,88, lo cual indica un acuerdo muy bueno entre las predicciones y los valores reales.

CONCLUSIONES

El modelo propuesto representa el litoral costero cubano en el primer trimestre del 2025. Fue creado a partir de métodos semiautomáticos de teledetección y geoprocésamiento espacial, con precisión temática aceptable para ser útil en el desarrollo de la cartografía ambiental del archipiélago.

El contorno litoral estimado para el país refleja una interfaz tierra-mar más extensa y compleja, a considerar en futuros estudios ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó en el marco del proyecto ECOATLAS, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Seguridad Energética de Italia (MASE) e implementado en cooperación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aké Turriza, K.A. & Rivera Arriaga, E. (2024). Análisis del Manejo Integrado Costero en Cuba. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático, Vol esp (1): 83-96. <https://doi.org/10.26359/52462.0824>

Álvarez, M. & González, D. (2019). Uso de imágenes satelitales Sentinel-2 para la delimitación costera en Cuba. Revista Geomática Latinoamericana, 17(3), 88-102.

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),

Google Earth Engine. 2024. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-26588-4>

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>

Choung, Y.-J. & Jo, M.-H. (2017). Comparison between a Machine-Learning-Based Method and a Water-Index-Based Method for Shoreline Mapping Using a High-Resolution Satellite Image Acquired in Hwado Island, South Korea. Journal of Sensors, 2017, 13. <https://doi.org/10.1155/2017/8245204>

Choung, Y. J. (2015). Mapping 3D Shorelines Using KOMPSAT-2 Imagery and Airborne Lidar Data. Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 33(1), 23-30.

Cubadebate. (2023, septiembre 29). Bojeo a Cuba: Uno de los más importantes proyectos de las ciencias marinas de los últimos años. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2023/09/29/bojeo-a-cuba-uno-de-los-mas-importantes-proyectos-de-las-ciencias-marinas-de-los-ultimos-anos/>

European Space Agency. (2025). Sentinel Online. from <https://Sentinel.esa.int/web/Sentinel/home>

Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., Proud, S. R. (2014). Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery, Remote Sensing of Environment, Vol. 140, 23-35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>.

Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC) & Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba (IG-ACC). (1989). Mapas generales y de referencia. En Nuevo Atlas Nacional de Cuba. La Habana. 232 p.

Instituto de Geografía Tropical (IGT). (2020). Atlas Nacional de Cuba LX_2020. La Habana. 140 p

Iturralde Vinent, M. A. (2013). Tipología y evolución de las zonas costeras de Cuba. RedCiencia. http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013_iturralde_tipo_logia%20zonas%20costeras.pdf

Iturralde-Vinent, M. A. & Serrano Méndez, H. (2015). Peligros y vulnerabilidades de la zona marino-costera de Cuba: Estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta el 2100. Editorial Academia.

Maglione, P., Parente, C. & Vallario, A. (2014). Coastline extraction using high resolution WorldView-2 satellite imagery. European Journal of Remote Sensing, 47(1), 685-699.

- Martínez Serrano, A. (2010). Descripción cartográfica de los procesos de erosión en la línea de costa y los cambios en la cobertura vegetal, a partir de fotos aéreas e imágenes de satélite Google Earth pro en el asentamiento "Playa del Cajío". *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 11, 34-46.
- Martínez, R. & Suárez, J. (2021). Evaluación de la vulnerabilidad costera en el litoral sur de Cuba mediante SIG. *Revista Cubana de Geografía*, 30(1), 55-70.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17 (7), 1425-1432. <https://doi.org/10.1080/0143116960894871>
- Mitrani Arenal, I. (2006). Las inundaciones costeras en Cuba y su repercusión social. *Bioética (La Habana)*, 6(3), 4-12. <http://cbioetica.org/revista/63/630410.pdf>
- Moore, L. J. (2000). Shoreline mapping techniques. *Journal of coastal research*, 111-124.
- Norma Cubana (1984). Geodesia y cartografía: Mapas Topográficos a escala 1:25 000; 1:50 000 y 1:100 000. Especificaciones de Calidad, 13-10. Geodesia y Cartografía C.F.R.
- Núñez-Jiménez, A. (2014). El archipiélago cubano. Fundación Antonio Núñez Jiménez, de la Naturaleza y el Hombre. Editorial Científico-Técnica, 311 p.
- Olivera Acosta, J. (2015). Determinación de la línea de costa a partir del procesamiento digital de imágenes Landsat. IGT. <https://1library.co/es/download/880663965441458178>
- Ojeda Martínez, D., Martínez Fernández, P., Matamoros Fombellida, P. C., Morejón González, M., Álvarez Portal, R., Labori de la Rosa, K. (2020). Cuba surface estimation from shoreline mapping, generated by Sentinel-2 image processing. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIII-B3-2020, 175-182. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-175-2020>
- ONEI (2024). Anuario Estadístico de Cuba. In *Territorio (Ed.)*. República de Cuba: Oficina Nacional de Estadísticas e Información.
- Pacheco, L. & Díaz, M. (2020). Integración de datos satelitales y modelos digitales de elevación para el análisis costero en Cuba. *Revista Latinoamericana de Geomática*, 18(2), 101-115.
- Planos, J. A. & Vega, R. (2015). Impacto del ascenso del nivel del mar en zonas costeras de Cuba. *Revista Meteorológica Cubana*, 21(1), 12-25.
- Torres, L. M. & Hernández, Y. (2020). Modelado geoespacial de la línea de costa en áreas vulnerables al cambio climático. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 23-38. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.2>
- Tamarit, I., Díaz, L., Ribot, M., Piedra, F., Molina, B., Fernández, D., Mendes, S. & Toledo, M. (2012). Cartografía digital de los ecosistemas costeros para la planificación y gestión de las Áreas Protegidas de Cuba. *Mapping*, 151, 86-95. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3833791>
- Ujaval, G. (2023). Spatial thoughts. <https://spatialthoughts.com/2023/01/18/automated-coastline-extraction-gee/> - January 18 2023.