

Batimetría asistida por satélite, complementos para la cartografía batimétrica en el Pacífico colombiano

Suboficial Jefe Fernando Oviedo Barrero,
Responsable Área de Manejo Integrado de Zona Costera (CCCP)

Suboficial Tercero Carlos Andrés Ruz,
Hidrógrafo del Área de Manejo Integrado de Zona Costera (CCCP)

Mauricio Alejandro Perea Ardila,
Investigador M.Sc. Geographical Information Systems
Área de Manejo Integrado de Zona Costera (CCCP)



Los levantamientos hidrográficos son de gran importancia para el conocimiento de aspectos relativos a los cuerpos de agua. La batimetría, en especial, es el proceso técnico mediante el cual se obtiene información de las profundidades de zonas marinas y de lechos de ríos; la información derivada de este proceso representa la comprensión de las diferentes dinámicas del fondo marino y los entornos costeros. Estos levantamientos son insumo clave para la gestión portuaria, el tendido de tuberías, cableado submarino e inspección del fondo marino, etc. Además, pueden surtir como fuente oficial de un Estado para la generación de la cartografía batimétrica, permitiendo la navegación en puertos y aguas abiertas (Figura 1).

Las técnicas tradicionales para los levantamientos batimétricos suponen el uso de técnicas acústicas, donde, embarcaciones acuáticas o buques hidrográficos albergan instrumentos denominados ecosondas, las cuales pueden ser de tipo monohaz (*Single-Beam Echo Sounder*) o multihaz (*Multi-Beam Echo Sounders*) (Figura 2); estas emiten pulsos acústicos a diferentes frecuencias, las cuales son registradas mediante un software en estaciones de trabajo, y mediante la combinación del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) de precisión en la embarcación, determinan la ruta para el levantamiento del área de interés (Figura 3).

Dentro de los nuevos enfoques y técnicas complementarias para el levantamiento hidrográfico se encuentra la Batimetría Asistida por Satélite (*Satellite-Derived Bathymetry* - SDB, por sus siglas en inglés), un método para determinar la profundidad del lecho marino de aguas costeras (someras). Se desarrolló principalmente en los años 70 con las primeras misiones de observación de la Tierra; actualmente, debido a los avances en la tecnología satelital se incrementó su uso como fuente de datos hidrográficos, debido a los bajos costos de adquisición, operación y su utilidad en áreas remotas. Presenta una técnica novedosa para la generación de cartografía batimétrica de aguas poco profundas, ya que utiliza datos derivados de sensores remotos y técnicas de teledetección (Figura 4). Principalmente trabaja con imágenes ópticas de observación de la Tierra de las diferentes misiones que están actualmente en operación y datos *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging* (LiDAR, por su acrónimo del inglés); puede recuperar profundidades de hasta 10 m, según estudios recientes.

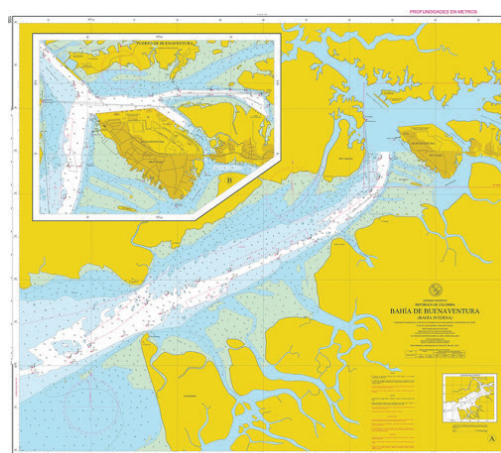


Figura 1. Carta náutica 155. Bahía interna de Buenaventura. [Fuente: (CIOH, 2017)].

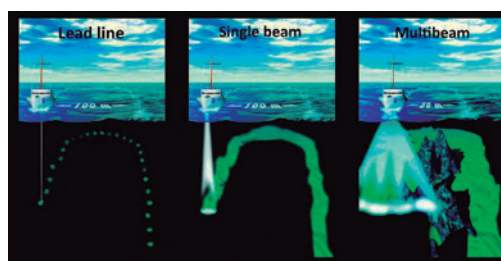


Figura 2. Técnicas de batimetría tradicional a través de embarcaciones. [Fuente: (NOAA, 2015a)].

La batimetría óptica está respaldada por el principio de que la cantidad total de energía radiativa reflejada a partir de una columna de agua está en función de la profundidad, el espectro de la banda azul y verde tienen gran capacidad de penetración del agua. Uno de los modelos empíricos más utilizados en el ámbito de la SDB es el desarrollado por Stumpf, Holderied y Sinclair (2003), método que resalta una solución mediante una relación matemática de reflectancias (Figura 5); el algoritmo establece la correspondencia lineal entre la reflectancia de dos bandas (azul y verde) y el respectivo ajuste estadístico con datos *in situ*.

A modo de ejemplo, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) por medio de su Oficina de Servicio Costero, la cual tiene como misión mantener cartas náuticas actualizadas para la navegación segura embarcaciones de varias partes del mundo y sobre todo en EE. UU., utiliza imágenes multiespectrales obtenidas de misiones satélites Landsat 8 y WoldView2 para complementar en



Figura 3. Recolección de datos batimétricos en campo. Procesamiento de datos batimétricos en laboratorio.

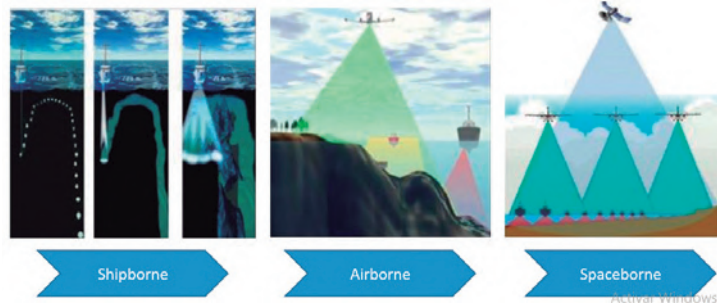


Figura 4. Evolución de la adquisición de datos batimétricos. [Fuente: modificado de Said, Mahmud y Hasan, (2017)].

gran medida las mediciones de profundidades y estudios de aumento del nivel del mar (Figura 6). De igual manera, la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) presenta gran número de publicaciones técnicas y científicas que refuerzan el uso de este procedimiento.

El Área de Manejo Integrado de Zona Costera del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP) ha realizado ejercicios piloto para la determinación de batimetría de aguas poco profundas (someras) en un sector de punta Luna en Bahía Solano, municipio del departamento del Chocó, utilizando levantamientos hidrográficos generados con ecosonda monohaz realizados en el año 2016 y la aplicación de técnicas de teledetección para derivar la SDB con imágenes Landsat 8 de enero de 2017. Los primeros hallazgos mostraron la posibilidad de determinar profundidades de hasta 7 m (Figura 7) en zonas marinas-costeras. Cabe señalar que las batimetrías en campo son la fuente principal de análisis para hallar la SDB.

Se espera que en aplicaciones futuras se logre determinar los cambios multitemporales del lecho marino en zonas de interés para futuros levantamientos hidrográficos.

Como se aprecia existe un grado de coincidencia entre los resultados del tratamiento de la información para ambas superficies dentro del ejercicio realizado, muy a pesar de la temporalidad (2 mes entre una y otra). Sin embargo, la aplicación de estas técnicas mediante sensoramiento remoto no es ajena a los inconvenientes que puedan presentar la identificación en los rangos de aguas más profundas, ya que la influencia del fondo, el estado del mar, los sedimentos

dispersos, entre otras variables, evidentemente reducen la calidad en los resultados, evitando avanzar en áreas como canales navegables acuerdo las exigencias actuales del crecimiento mercantil naviero, en especial los que estas influenciados por vertientes hídricas cercanas o desembocaduras de grandes ríos; dejando atrás las posibilidad de una respuesta inmediata, por ejemplo, de una emergencia manifiesta, como una opción de respuesta. Pero sí presenta una respuesta adecuada para el seguimiento de procesos erosivos o acreciones costeras.

Conclusiones

La SDB surge como una posibilidad para complementar estudios de levantamientos hidrográficos en zonas donde no se tienen registros de campo, también para hacer un seguimiento de línea base a batimetrías existentes a zonas de interés hidrográfico.

En la medida en que se mejoren las técnicas, el uso de imágenes satelitales de mayor resolución espacial (tamaño de píxel) y la aplicación de este método en otras áreas, se podrá pensar en incorporar sobre la marcha a las técnicas tradicionales para la generación de productos de calidad y con el cumplimiento de estándares internacionales para la navegación segura.

Por otro lado, este campo de investigación es de gran interés para las áreas de las ciencias marinas y la ingeniería, debido a su gran potencial de aplicación. Se pretende por parte del Área de Manejo Integrado de Zona Costera del CCCP generar publicaciones científicas y de nuevo conocimiento sobre este tema para futuras aplicaciones en zonas costeras colombianas. 📌

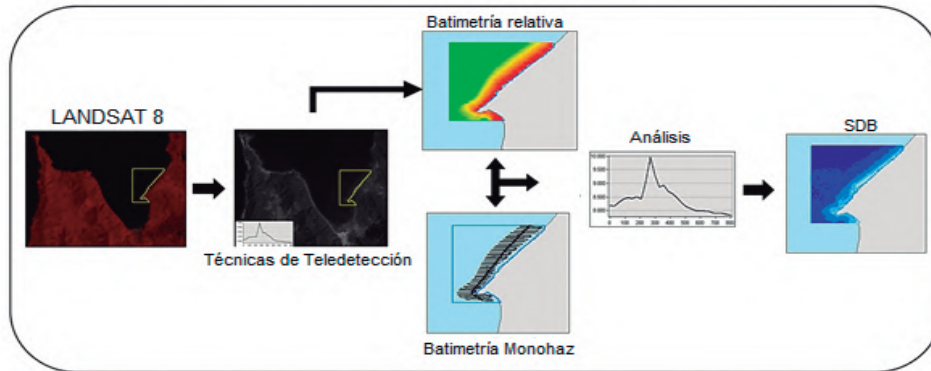


Figura 5. Flujo de trabajo para determinar la SDB a partir de imágenes de sensores remotos.

Listado de referencias

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica [NOAA] (2015a). *20th century to the present: echo sounders*. NOAA Office of Coast Survey. [Ilustración]. Recuperado de: <https://www.nauticalcharts.noaa.gov/updates/what-does-the-age-of-the-survey-mean-for-nautical-charts/>

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica [NOAA] (2015b). *Studying the use of satellite-derived bathymetry as a new survey tool*. NOAA Office of Coast Survey. [Batimetría]. Recuperado de: <https://www.nauticalcharts.noaa.gov/updates/studying-the-use-of-satellite-derived-bathymetry-as-a-new-survey-tool/>

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe [CIOH] (2017). *Carta Hidrográfica 155, Bahía de Buenaventura (Bahía Interna) Escala 1:25.000*. Recuperado de: <https://www.cioh.org.co/index.php/cartas-nauticas.html>

Said, N., Mahmud, M. y Hasan, R. (2017). Satellite-Derived Bathymetry: accuracy assessment on depths derivation algorithm for shallow water area. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-4/W5*, 159-164. [Ilustración]. Recuperador de: <http://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W5-159-2017>.

Stumpf, R., Holderied, K. y Sinclair, M. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnology and Oceanography*, 48, 547-556. Recuperado de: http://doi.org/10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0547.

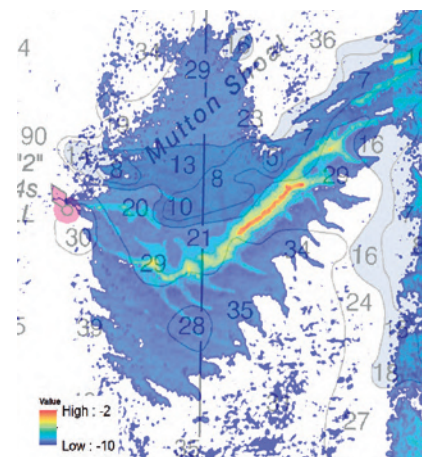


Figura 6. Batimetría derivada de satélite superpuesta con datos multihaz en Mutton Shoal en Nantucket Sound EE. UU. [Fuente: NOAA (2015b)].

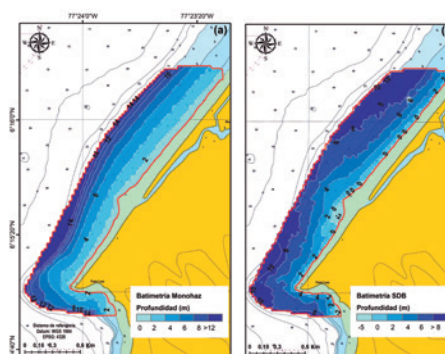


Figura 7. Comparación de resultados: (a) Batimetría en campo de aguas poco profundas; (b) SDB en punta Luna, Bahía Solano.