

Delimitación de Hierbas Marinas utilizando SIG en la Isla Caja de Muertos

León-Pérez, Mariana C. y Ortiz-Rosa, Suhey

Departamento de Ciencias Marinas, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez

Resumen

La importancia de las hierbas marinas como habitat esencial y su función ecológica requieren de un análisis integral para un manejo efectivo del ecosistema. La actualización de los mapas es una herramienta para la implementación de estrategias de manejo y para el desarrollo de proyectos de investigación en la ecología del paisaje. El objetivo de este proyecto es delimitar las áreas de hierbas marinas en la Reserva Natural Isla Caja de Muertos. Se utilizaron herramientas del programa ArcGIS, datos de campo y fotografía aérea para generar un mapa bético. Se delimitó la zonas de hierbas marinas a través de fotointerpretación. Los procesos utilizados no son los adecuados para este tipo de análisis y requieren de otros métodos de clasificación, mejores datos de campo e imágenes de mayor resolución que nos permita obtener una mejor firma espectral y escala espacial. Las correcciones de la atmósfera y columna de agua son esenciales para este tipo de estudio.

Introducción

Las yerbas marinas son áreas consideradas como hábitat esencial para especies de interés comercial y de importancia biológica. Pertenecen al grupo de plantas vasculares béticas adaptadas a vivir bajo agua salada. Juega un papel importante en procesos ecológicos, la dinámica y la productividad de ecosistemas costeros (Cho *et al.*, 2014). También, proveen servicios ecológicos como la estabilización de sedimentos y la reducción de la energía del oleaje. Reglamentos como lo es la “Magnuson-Steven Fishery Conservation and Management Act” y el “Essential Fish Habitat guidelines” regulan las áreas de hierbas marinas en Puerto Rico y establecen el mandato para la creación de mapas adaptados a SIG (NOAA, 2014).

Uno de los roles de la cartografía marina es para la toma de decisiones como la planificación de terrenos sumergidos y zonas costera, la designación de áreas de no pesca y más recientemente para el manejo de cuencas hidrográficas (Bauer *et al.*, 2012). En Puerto Rico se han empleado técnicas de sensores remotos, análisis de imágenes e integración de sistemas de información geográfica (SIG) en combinación con documentación de campo para la creación,

evaluación e implementación y uso de estos mapas (Bauer *et al.*, 2010; Bauer *et al.*, 2012; Kendal *et al.*, 2001).

Las hierbas marinas son consideradas como un hábitat béntico ya que crean una superficie en el fondo marino (Díaz *et al.*, 2004). El desarrollo de mapas de hábitat béntico consiste en la combinación de estructuras físicas, dimensionalidad y caracterización biológica (Díaz *et al.*, 2004). La integración de estos aspectos y la categorización de la información frecuentemente dan paso a la caracterización de un área y a la creación de mapas en una escala definida. Generalmente, el objetivo principal para el desarrollo de este tipo de mapas lo es la implementación de estrategias de manejo y conservación de recursos (Bauer *et al.*, 2012; Huang *et al.*, 2011).

Las yerbas marinas son abundantes en la Isla Caja de Muertos pero se ven amenazadas por impactos antropogénicos y naturales. La caracterización del hábitat publicada por Kendall y colaboradores en el 2001 incluye el área de forma generalizada y requiere una nueva evaluación a escala espacial y temporal. La actualización de los mapas es una herramienta para la implementación de estrategias de manejo y para el desarrollo de proyectos de investigación en la ecología del paisaje. El objetivo de este proyecto es delimitar las áreas de hierbas marinas en la Reserva Natural Isla Caja de Muertos. Se utilizaron herramientas del programa ArcGIS y fotografía aérea para generar un mapa béntico.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

La isla de Caja de Muertos es el componente principal de la Reserva Natural Isla Caja de Muertos ubicada a 4.8 millas náuticas al Sur de Ponce, Puerto Rico (Figura 1). Fue designada como reserva en el año 1980 con el propósito de proteger su gran valor ecológico (DRNA, 2009). La Reserva incluye ecosistemas de arrecifes de coral, hierbas marinas, macroalgas y fondos arenosos y rocosos (García-Sais *et al.*, 2001) creando un hábitat béntico heterogéneo. La información acerca el ecosistema de hierbas marinas en esta zona es limitada.

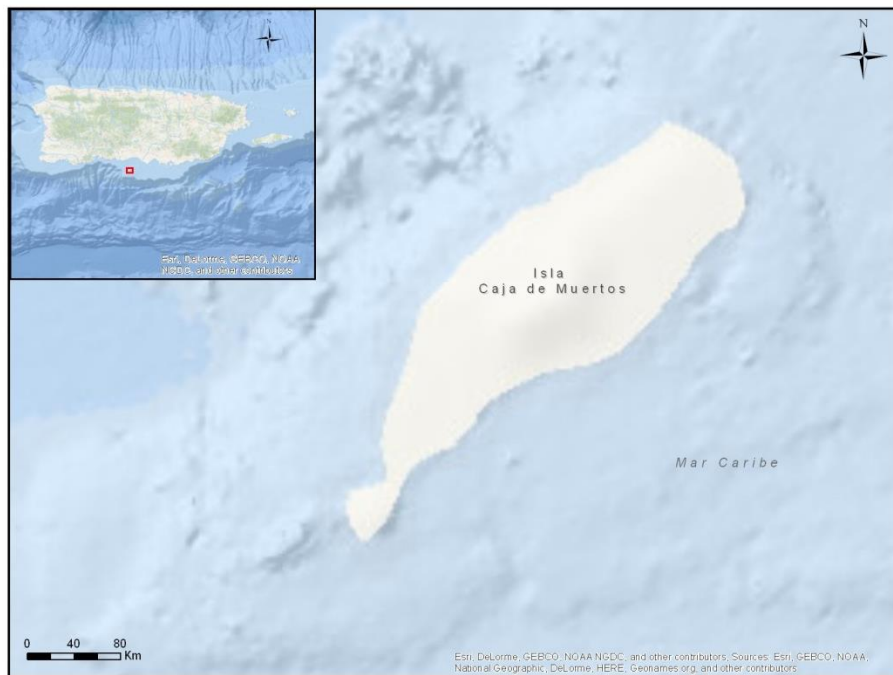


Figura 1. Área de estudio en la Reserva Natural Isla Caja de Muertos, Puerto Rico.

Trabajo de Campo

Se utilizaron los datos de campo recopilados por el proyecto “Integration of Field, Aerial Photography and Water Quality Measurements for the Assessment of Anthropogenic Impacts and Stressors in Southern Puerto Rico” del Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. Estos datos fueron adquiridos en el verano del 2014. La herramienta de muestreo aleatorio de ArcGIS fue utilizada para determinar los puntos a muestrear dentro de los polígonos identificados como hierbas marinas en el mapa béntico de NOAA (Kendall *et al.*, 2001). Se utilizó una cámara de video ajustada a una cuadrante de 0.25 m² lanzada desde la embarcación para identificar la composición del hábitat béntico. La fotografía y video subacuático ha sido muy utilizada con este propósito ya que es un método no destructivo (Huang *et al.*, 2011). Cada estación de muestreo consta de dos cuadrantes. Los puntos de muestreo tienen un área de amortiguamiento de 10 m de radio.

Digitalización de la Información

La Figura 2 muestra los procesos descritos en esta metodología. Se creó una capa de puntos en base a la información de campo recopilada. La tabla incluye información sobre las categorías de cobertura de hierbas marinas (0 = 0%, 1 = 1-25%, 2 = 26-50%, 3 = 51-100%), profundidad y la presencia de cuatro especies de hierbas marinas. Se utilizó la herramienta de “Buffer” para crear un área de amortiguamiento con un radio de 10 metros para cada punto. La

información fue solapada sobre la ortofotografía del 2010. Se definió una máscara para el área de tierra ya que la región de interés es el área sumergida. Esta máscara se definió a través de la línea de costa. Esta fue redefinida en base a la ortofoto del 2010 utilizando una escala de 1:800. Se determinó un límite de 10 m de profundidad en base al “Coastal Relief Model”(NOAA, 2014b) creando líneas de contorno con el programa de ArcGIS. Este proceso fue realizado con el propósito de delimitar el rango espacial del hábitat de hierbas marinas. Todas las capas de información se encuentran proyectadas en el sistema NAD 1983 State Plane Puerto Rico Virgin Islands con excepción de la capa de puntos que tiene un sistema de coordenadas geográfico WCS 84.

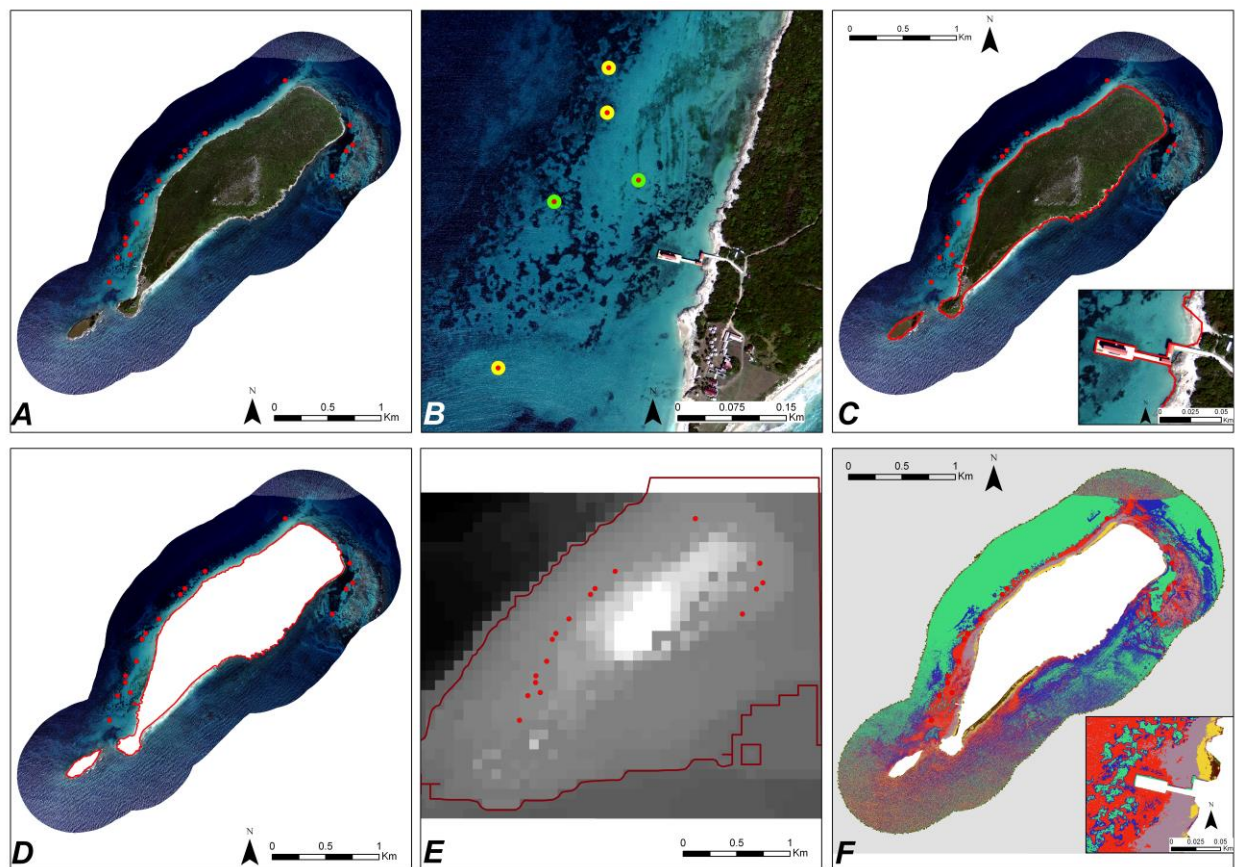


Figura 2. Procesos de digitalización de la información. A. Ubicación de puntos de muestreo. B. Zonas de amortiguamiento alrededor de puntos de muestreo. C. Delimitación de línea de costa. D. Máscara de tierra. E. Contorno de 10 metros de profundidad. F. Iso Cluster de 12 clasificaciones.

Clasificación de la imagen

Se realizó una clasificación no supervisada a través de la herramienta de “Iso-Cluster” la cual se ajustó a 12 (Figura 2F) y 24 clasificaciones (Figura 3). Este número de clasificaciones fue escogido para evaluar las tendencias y el número de clases a utilizarse bajo una clasificación supervisada. Se crearon polígonos usando la herramienta de “training samples” con el objetivo de crear un archivo de la firma espectral de las diferentes clasificaciones. La creación de estos polígonos fue determinada tomando en consideración todas las capas existentes. La clasificación supervisada fue hecha a través del método “Maximum likelihood Classification” el cual se basa en la firma creada dándole una probabilidad de peso igual a cada señal (Figura 4).

También, fue implementado el método de fotointerpretación. Se creó un polígono a través de una interpretación visual de la imagen, alterando la visualización de esta con las herramientas provistas dentro de la ventana de Análisis de Imagen. La fotointerpretación se realizó utilizando una escala de 1:1,000. Se utilizó las clasificaciones y los polígonos delineados por Kendal y colaboradores (2001) como guía para realizar la fotointerpretación.

Resultados

La clasificación no supervisada de 12 clasificaciones no separa la señal espectral correctamente por lo cual se generó una clasificación no supervisada de 24 clases. Las 24 clases separan mejor la señal. Estos cambios son visibles en la Figura 3. Aún así la falta de corrección atmosférica y de la columna de agua afectan la separación de la señal espectral. El área verde en la figura 3 representa este problema. La figura 4 basada en una clasificación supervisada denota la falta de corrección en la foto al no poder separar las señales espectrales. Las correcciones atmosféricas y de columna de agua no pudieron realizarse ya que no existía un área lo suficientemente profunda como para restar el valor de este pixel. La fotointerpretación que se muestra en la figura 5 marca las diferencias entre la fotointerpretación de NOAA generada por Kendall y colaboradores (2001) y la generada en este proyecto. La delimitación en línea roja no consideró diferenciar entre los espacios de hierbas en parchos y las zonas continuas de pastizales. Tampoco pudo separarse las áreas entre las distintas clases de hierbas y o porcentajes de cobertura. Las áreas afectadas por el reflejo solar en la foto no fueron consideradas para la delimitación final. Las diferencias espectrales y el ojo humano son un aspecto que añade incertidumbre y aumenta el error en el proceso de fotointerpretación.

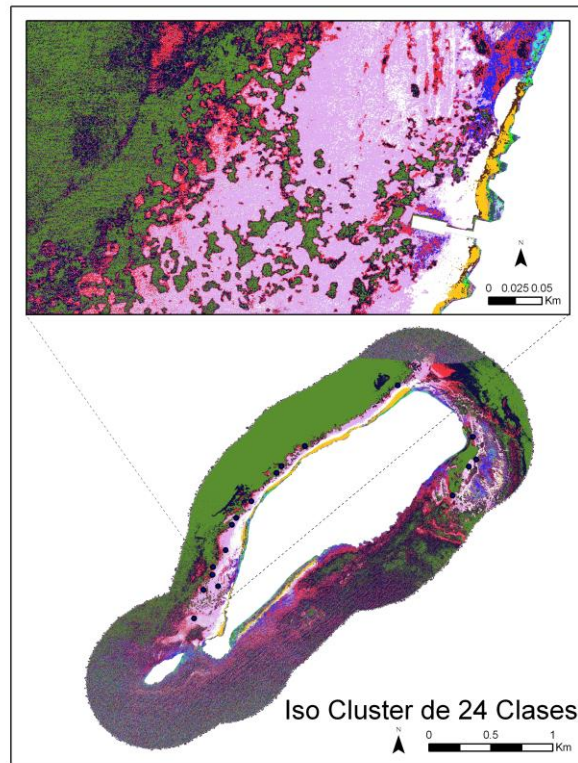


Figura 3 Iso Cluster de 24 clases.

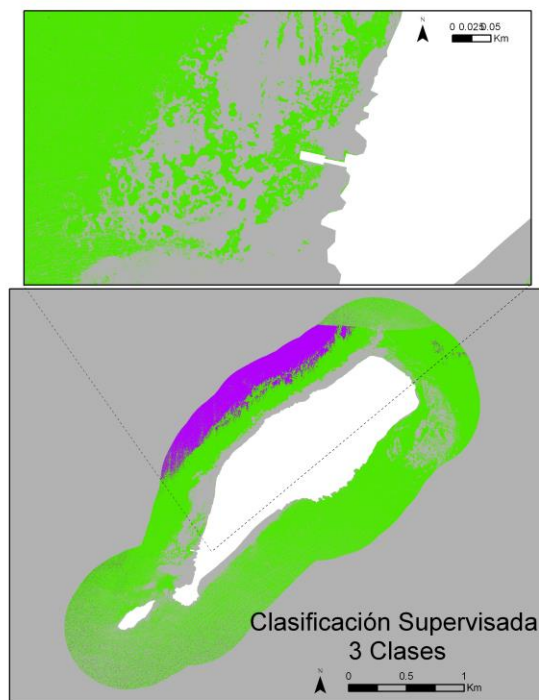
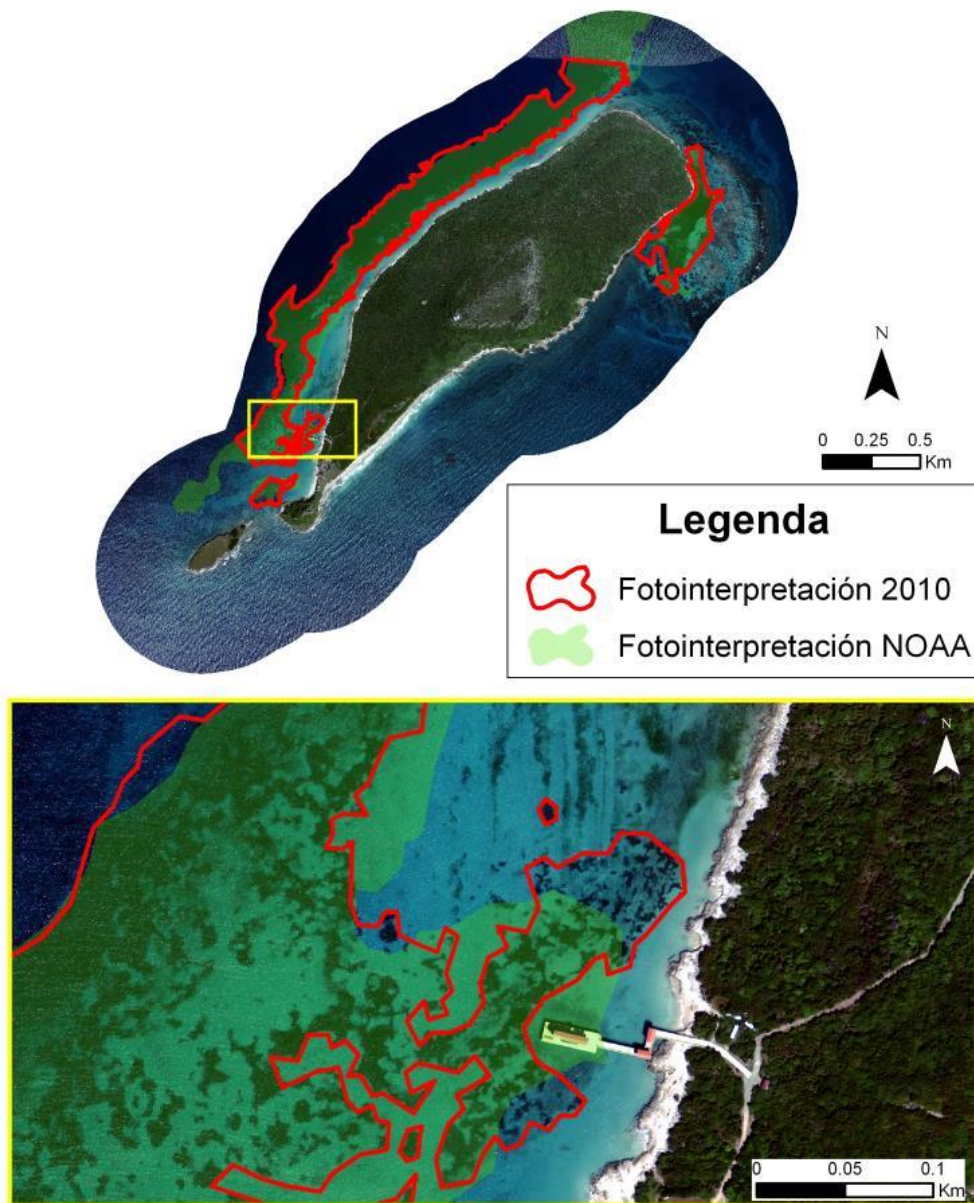


Figura 4 Clasificación supervisada para 3 clases de porcentaje de cobertura de hierbas marinas.

Fotointerpretación de Hierbas Marinas en la Reserva Natural Isla Caja de Muertos



Fuente: Kendall et al. 2001 Benthic Habitats of Puerto Rico and U.S. Virgin Islands. Ortofotografía 2010: Junta de Planificación de Puerto Rico, VITO Belgium, FugroEarth Data Inc.

Sistema de Coordenadas Proyectadas: NAD 1983 State Plane Puerto Rico Virgin Islands

Creado por: Suhey Ortiz-Rosa y Mariana León-Pérez para el curso GEOL 6991 UPRM.

Figura 5 Delimitación de las hierbas marinas a través de fotointerpretación.

Discusión

El método empleado de fotografía vertical lanzando la cámara permite cubrir un área más extensa y documentar áreas más profundas sin recurrir al buceo (Pu *et al.*, 2013). Este método va acorde con el usado en este muestreo ya que mantiene la misma distancia a las yerbas en todas las imágenes. La clasificación es una estimación visual usando una escala semi-cuantitativa y rápida permitiendo diferenciar las hierbas de las macroalgas. Establecer estas diferencias a nivel espectral es complicado ya que presentan patrones espectrales muy similares (Cho *et al.*, 2014). De esta manera el trabajo de campo nos valida la señal espectral.

La interferencia de la columna de agua en las propiedades ópticas ha sido objeto de estudios en la percepción remota (Cho *et al.*, 2014 y referencias). Un modelo sin corrección de la columna de agua y una clasificación no supervisada no provee una delimitación y caracterización apropiada. Nuevos métodos con bandas hiperespectrales como HICO y una clasificación supervisada proveen mejores resultados. Otro tipo de clasificación que puede ser de utilidad para este tipo de análisis es el object-based fuzzy. El mismo reconoce que hábitats son ampliamente homogéneos y de una forma gradual establece las zonas de transición entre los hábitats (Huang *et al.* 2011). Este método establece una medida de confiabilidad sobre la precisión de los datos. El método de maximum likelihood empleado en este proyecto no fue utilizado por Cho y colaboradores (2014) debido a la falta de datos espectrales robustos. Sin embargo se sugiere el uso de una clasificación no supervisada ya que no requiere de datos iniciales agrupados. Al igual que nosotros, Cho *et al.* (2014) lo utilizaron para comparar con una clasificación supervisada demostrando que este método de la clasificación no supervisada no es apropiada para sustratos bajo el agua aún en casos donde el sustrato este parcialmente expuesto.

Determinar la escala espacial a la cual se va a muestrear y el uso que se le va a dar a los datos es primordial tanto para el proyecto como para la utilidad en términos del manejo de recursos.

Conclusión

La delimitación de las hierbas marinas en la Reserva Natural Isla Caja de Muertos es un aspecto complejo ya que las hierbas marinas se encuentran solapadas en un ambiente heterogéneo con hábitat de fondos duros, macroalgas y arrecifes de coral (García-Sais *et al.*, 2001).

- Se requiere del uso de imágenes y no fotografía aérea para lograr obtener una señal espectral de fondo real que ayude a delimitar con mayor precisión nuestra área de estudio.

- Se requiere realizar correcciones atmosféricas y de columna de agua para las clasificaciones supervisadas y no supervisadas.
- El análisis debe ir de la mano con un mayor número de puntos de validación in-situ.
- La fotointerpretación es un arte la cual añade incertidumbre a la detección de señales espectrales.

Sugerimos el uso de otros métodos de clasificación no supervisada e imágenes multiespectrales con resolución de menos de 30 metros para realizar este tipo de análisis.

Referencias

- Bauer L.J. and Kendall M.S., 2010. An Ecological Characterization of the Marine Resources of Vieques, Puerto Rico Part II: Field Studies of Habitats, Nutrients, Contaminants, Fish, and Benthic Communities. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 110. Silver Spring, MD.
- Bauer L.J., Edwards K., Kendall M.S., Roberson K.K.W., Tormey S. and Battista T.A., 2012. Shallow-Water Benthic Habitats of Southwest Puerto Rico. NOAA Technical Memorandum NOAA NOS NCCOS 155. Silver Spring, MD.
- Cho H.J., Ogashawara I., Mishra D., White J., Kamerosky A., Morris L., Clarke C., Simpson A. and Banisakher D., 2014. Evaluating Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean (HICO) data for seagrass mapping in Indian River Lagoon, FL, GIScience & Remote Sensing, 51:2, 120-138
- Departamento de Recursos Naturales, 2009. La Reserva Natural Isla Caja de Muertos. Hojas de Nuestro Ambiente. Octubre 2006- Rev. julio 2009 P-009.
- Diaz R. J., Solan M. and Valente R. M., 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Environmental Management*, 73(3), 165–81. doi:10.1016/j.jenvman.2004.06.004
- Garcia-Sais J., Castro R. and Sabater-Clavell J. 2001. Coral Reef Communities from Natural Reserves in Puerto Rico: a quantitative baseline assessment for prospective monitoring programs. Volume 1 : Cordillera de Fajardo, Isla Caja de Muertos, Bosque Seco de Guanica, Bahía de Mayaguez. Final report submitted to the U. S. Coral Reef Initiative (CRI-NOAA) and DNER.
- Huang Z., Brooke B. P. and Harris P. T., 2011. A new approach to mapping marine benthic habitats using physical environmental data. *Continental Shelf Research*, 31(2), S4–S16. doi:10.1016/j.csr.2010.03.012
- Junta de Planificación de Puerto Rico, VITO Belgium, FugroEarth Data Inc. Ortofotografía 2010.

Kendall M.S., Monaco M.E., Buja K.R., Christensen J.D., Kruer C.R., Finkbeiner M. and Warner R.A., 2001. Methods Used to Map the Benthic Habitats of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. URL: <http://biogeo.nos.noaa.gov/projects/mapping/caribbean/startup.htm>. Also available on U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Ocean Service, National Centers for Coastal Ocean Science Biogeography Program. 2001. (CD-ROM). Benthic Habitats of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Silver Spring, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration.

NOAA 2014a. Habitat Conservation. National Marine Fishery Service. Accesada en Noviembre 2014. <http://www.habitat.noaa.gov/protection/efh/index.html>

NOAA 2014b. National Geophysical Data Center. Coastal Relief Model. Accesada en Noviembre de 2014. <http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/wcs-client/>

Pu, R., & Bell, S. 2013. A protocol for improving mapping and assessing of seagrass abundance along the West Central Coast of Florida using Landsat TM and EO-1 ALI/Hyperion images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 83, 116–129. doi:10.1016/j.isprsjprs.2013.06.008