



Evaluación acústica de recursos pesqueros, en el Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera Seaflower

Yaneidis Hernández Ruiz

Universidad Magdalena

Facultad, Ingeniería
Programa Ingeniería pesquera
Santa Marta, Colombia
2021



Evaluación acústica de recursos pesqueros, en el Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera Seaflower

Yaneidis Hernandez Ruiz

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero pesquero

Director (a):

Jorge Enrique Paramo Granados

Ingeniero Pesquero, M.Sc. Pesquerías; Ph.D. en Ciencias Naturales

Línea de Investigación:

Pesquerías

Grupo de Investigación:

Ciencia y tecnología Pesquera Tropical (CITEPT)

Universidad del Magdalena

Facultad, Ingeniería

Programa Ingeniería pesquera

Santa Marta, Colombia

2021

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Magdalena para optar al título de (escriba el nombre del Programa)

Jurado

Jurado

Santa Marta, ____ de ____ del ____

Dedico este logro:

*A Dios que de su mano he logrado lo
propuesto en este largo camino, a mis padres
Laudith Ruiz y Onorio Hernández, a mis
padrinos Lina Camargo y José Cantillo que
encontré en ellos la motivación y un amor
inagotable para seguir adelante con mi sueño.*

*Este logro también es para ti que, aunque no
estés en cuerpo presente, te siento muy
cerquita de mi alma, a ti abuelo Otoniel Ortega
(Q.E.P.D) gracias por brindarme siempre lo
mejor.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad del Magdalena por haberme aceptado parte de ella y abierto las puertas de su alma mater, así como también a cada uno de los profesores que me guiaron y me brindaron sus conocimientos en este camino tan fructífero.

Agradezco de igual manera a mi tutor el profesor Jorge Paramo, quién depositó su confianza, compromiso y dedicación en mí, durante todo el desarrollo de la pasantía de investigación, gratitud hacia él.

También agradezco a mis hermanos y amigos que siempre me brindaron su paciencia, amor y que me dieron lo mejor de cada uno. Este nuevo logro también es para ustedes, que vivieron ese arduo proceso conmigo.

Resumen

En la actualidad la Isla Cayo Serrana hace parte de la Reserva de la Biosfera Seaflower, la cual ayuda a la protección y conservación de las áreas marinas protegidas en Colombia. La finalidad de este estudio es evaluar mediante método hidroacústica los recursos pesqueros en la Isla Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera Seaflower. Para la toma de datos se realizó un crucero de investigación hidroacústica con muestreo al azar, para el registro acústico se utilizó una ecosonda científica Biosonics DT-X con econtegrador y un transductor de 38 kHz Split Beam, combinado con un GPS diferencial FURUNO y mediante el software Visual Aquatic se analizó los datos acústicos de los recursos pesqueros. Teniendo en cuenta la distribución espacial del número de ecos de peces/m², se observó que las mayores biomasas acústicas se encontraron al sur-oeste del área de estudio, cerca de la isla Cayo Serrana (14.31° N; 80.35° W) y otra agregación con biomasas acústicas altas al noreste (14.36° N; 80.15° W). Se logró observar que la distribución espacial de los peces en la Isla Cayo Serrana determinó que los individuos más pequeños estaban asociadas a la parte más somera, mientras que las especies de mayor tamaño estaban asociadas a las partes más profundas de la isla.

Palabras claves: Reserva, recursos pesqueros, hidroacústica, ecosonda, distribución espacial, seaflower.

Abstract

Currently, Cayo Serrana Island is part of the Seaflower Biosphere Reserve, which helps to protect and conserve marine protected areas in Colombia. The purpose of this study is to evaluate the fishing resources on Cayo Serrana Island, Seaflower Biosphere Reserve, by means of a hydroacoustic method. For data collection, a hydroacoustic research cruise with random sampling was carried out, for the acoustic recording a scientific echo sounder Biosonics DT-X with echointegrator and a 38 kHz Split Beam transducer was used, combined with a FURUNO differential GPS and using the Visual Aquatic software analyzed the acoustic data of the fishery resources. Taking into account the spatial distribution of the number of fish echoes / m², it was observed that the highest acoustic biomasses were found to the south-west of the study area, near Cayo Serrana island (14.31 ° N; 80.35 ° W) and other aggregation with high acoustic biomass to the northeast (14.36 ° N; 80.15 ° W). It was observed that the spatial distribution of the fish on Cayo Serrana Island determined that the smallest individuals were associated with the shallowest part, while the largest species were associated with the deepest parts of the island.

Keywords: Reserve, fishing resources, hydroacoustics, echo sounder, spatial distribution, seaflower.

Contenido

Resumen	VI
Abstract.....	VII
Contenido	VIII
Lista de figuras	IX
Introducción	10
Objetivos.....	¡Error! Marcador no definido.
Objetivo General.....	12
Objetivo Especifico.....	12
Resultados.....	21
Resultados.....	21
1. Antecedentes.....	14
1.1 Estado del arte, antecedentes y resultados previos del proyecto de investigación.....	14
2. Marco conceptual.....	16
3. Metodología.....	19
4. Resultados.....	21
5. Conclusiones.....	23
6. Referencias Bibliográficas.....	24

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación del Cayo Isla Serrana, en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA-INVEMAR, 2012)19

Figura 2. Distribución espacial del a) Número de echoes/m² (a), b) fuerza de blanco (TS), y c) Profundidad media de los peces en el sector Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera.....22

Introducción

La Reserva de la Biosfera Seaflower (SBR) es un área marina protegida que engloba importantes ecosistemas, como bosques secos tropicales, manglares, praderas de pastos marinos, fondos blandos y playas de arena coralina, con un alto grado de conservación (Díaz *et al.*, 2000). La SBR, ubicada en el archipiélago de San Andrés, fue declarada por la Unesco, en el año 2000, como la Reserva de la Biosfera más grande y diversa del mundo. Esta categoría fue alcanzada tras los esfuerzos de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA-INVEMAR, 2012), el Departamento de San Andrés, el Ministerio de Ambiente de Colombia y su población, por proteger los derechos al medio ambiente sano y al patrimonio histórico, natural y cultural de la Nación.

Los métodos hidroacústicos se consideran el enfoque más eficiente para lograr un mapeo y monitoreo remoto a gran escala del fondo del océano (Anderson *et al.*, 2013). Mediante estas técnicas se pueden producir imágenes tridimensionales de alta resolución de la superficie del suelo oceánico (López-Orrego *et al.*, 2011). Estos métodos también se utilizan ampliamente para buscar especies pelágicas en la columna de agua (Rivoirard *et al.*, 2000; Paramo y Roa, 2003; Paramo *et al.*, 2007; Georgakarakos y Kitsiou, 2008).

En el presente informe se utiliza una ecosonda científica con un transductor de haz dividido para la recolección de datos en las aguas poco profundas del SBR. Esta tecnología de haz dividido es una mejora que corrige las distorsiones de tamaño y distancia del objeto observadas con un solo haz mediante el uso de un transductor dividido en cuatro sectores, cada uno con su propio receptor en el transceptor, lo que permite la determinación precisa

del ángulo de un objeto con respecto a la línea vertical del transductor (Zaragozá, 2010). El objetivo de este estudio es evaluar mediante método hidroacústico los recursos pesqueros en Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera Seaflower.

Objetivos

General

- ✓ Evaluar mediante método hidroacústica los recursos pesqueros en la Isla Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera Seaflower.

Específicos

- ✓ Determinar la distribución espacial de la abundancia acústica y fuerza de blanco (TS) en el Cayo Serrana.

Justificación.

Aunque se han realizado algunas investigaciones en el área de estudio, se resalta el limitado conocimiento que se tiene de las zonas más remotas de la Reserva. En este sentido, en la actualidad no existe un estudio detallado de batimetría y tipos de fondo de la Isla Cayo Serrana, que permita corroborar la relación existente entre la presencia y abundancia del recurso íctico. Es por lo anterior que la implementación de la técnica hidroacústica para la evaluación de la ictiofauna en la Isla Cayo Serrana representa una contribución novedosa que permitirá tener una aproximación al conocimiento de la productividad de esta región. La integración de este conocimiento es fundamental para identificar y describir la relación que existe entre los diversos elementos del sistema y determinar su estado actual de conservación.

No hay antecedentes conocidos de estudios dirigidos hacia la cuantificación directa de la abundancia íctica empleando una ecosonda científica y que además integren información del tipo de fondo en aguas someras en la Reserva de la Biosfera Seaflower. Por ello el presente estudio ofrecerá una visión novedosa que permitirá explicar por qué la Isla Cayo Serrana forma parte de una de las secciones más productivas de la Reserva, y si parte de esta elevada producción se explica en las condiciones ambientales consideradas.

Marco Teórico

Antecedentes

Estado del arte, antecedentes y resultados previos del proyecto de investigación

Varias expediciones se han realizado hacia las diferentes islas de la Reserva, muchas de ellas se han dirigido hacia la sección norte con diferentes enfoques y alcances , resaltando entre sus resultados la importancia de estas regiones como por la biodiversidad que alberga, para diferentes organismos terrestres, para la anidación de tortugas, como lugar de descanso de aves migratorias y residentes y por su destacada biodiversidad marina (Ángel y Polanía, 2001; CORALINA-INVEMAR, 2012; Díaz *et al.*, 1996; 2000).

En cuanto al recurso íctico existen pocos estudios para el Archipiélago; sin embargo, gracias a los esfuerzos del estado, así como de numerosas entidades públicas y privadas, se han logrado realizar monitoreos permanentes y expediciones (I, II y III Expedición Científica Seaflower) que han permitido incrementar el inventario de peces conocidos que ha pasado de 170 -200 especies (Mejía *et al.*, 1998; Mejía y Garzón-Ferreira, 2000; Reyes-Nivia *et al.*, 2004; Bolaños, 2006) a cerca de 400 especies conocidas y registradas a la fecha para toda la Reserva (CORALINA-INVEMAR, 2012).

Los estudios dirigidos al recurso íctico en la Reserva han evaluado los peces desde dos perspectivas, como recurso pesquero y como componente fundamental de la riqueza y biodiversidad ecosistémica. Así como también se ha colectado información abiótica, abordando algunas variables oceanográficas y sedimentológicas, mediante la toma de muestras en estaciones fijas y temporales.

Desde la perspectiva pesquera, el Departamento del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y el Invemar, generaron una línea de información base de recursos pesqueros en la Reserva de Biósfera (RB) Seaflower con cubrimiento en los Cayos Albuquerque y Bolívar, Martínez Bank y la Isla de San Andrés. De los resultados obtenidos destaca los siguientes aspectos: i) un crucero de prospección mediante el cual se valoró la composición, abundancia relativa, distribución espacial y aspectos poblacionales de peces demersales y además, se complementó la caracterización del hábitat mediante un mapeo de unidades geomorfológicas, batimetría, dureza del fondo y perfiles oceanográficos; ii) Mejora y fortalecimiento del Sistema de Información Pesquera –SIPEIN–, usado por la Secretaría de Agricultura y Pesca como plataforma para el monitoreo de las pesquerías; iii) propuesta de diseño de la arquitectura on-line del SIPEIN; iv) revisión y aportes del protocolo para el manejo de pesquerías sobre una base de enfoque ecosistémico en la RB Seaflower y v) un estudio de prefactibilidad de al menos una especie pesquera que actualmente se viene experimentando en proyectos de maricultura en el Archipiélago, sobre la base de un estudio de información secundaria de las especies pesqueras promisorias.

En cuanto a los estudios sobre el rol ecológico del componente íctico, en su mayoría estos trabajos han empleado como técnica de muestreo el Censo Visual (Programa Atlantic and Gulf Rapid Reef Assesment - Agrra www.agrra.org/ y Reef Environmental Education Foundation -Reef - www.reef.org/) y se desarrollaron con el objetivo de evaluar la abundancia, biomasa y biodiversidad de los peces con interés ecológico y económico, en indicadores estandarizados a tiempo y/o área, principalmente para San Andrés y Providencia.

Marco conceptual

El Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se ubican en el Caribe Centro Occidental Colombiano y cuenta con una extensión de 180 mil km². Debido a su estratégica posición geográfica, su alta diversidad biológica y por los numerosos servicios que ofrece a sus habitantes y visitantes, el Archipiélago representa una región de gran interés local, regional y nacional; con dimensiones socioculturales, ambientales y bioecológicas complejas, dentro de las que se encuentran aún aspectos por describir.

Por sus atributos, en noviembre del 2000 la UNESCO declaró a esta región como Reserva de Biósfera Seaflower; posteriormente en el 2005 una extensión aproximada a 65 mil km² fue amparada bajo la figura de Área Marina Protegida. En general, la Reserva se caracteriza por la presencia de ambientes dominados por corales, con aguas transparentes y de características oceánicas. Por sus condiciones particulares y dinámicas, se han delimitado tres secciones en su interior: una al norte, otra central y la última al sur (estas secciones se describen en detalle en el área de estudio de la presente propuesta) (CORALINA-INVEMAR, 2012). Por sus particularidades, cada sección implica la generación de acciones de manejo específicas, por ello urge profundizar en su conocimiento de tal forma que se garantice su adecuado aprovechamiento y conservación, en el corto, mediano y largo plazo.

La sección norte es la de mayor extensión, también es aquella sobre la que se ejerce la más intensa explotación pesquera (CORALINA-INVEMAR, 2012). Esta sección incluye los bancos de Luna Verde, Quitasueño, Serrana, Roncador, algunas elevaciones submarinas y aguas oceánicas. Su área total es de 37.522 km². Particularmente, el cayo Serrana abarca un área aproximada de 0.4050 km² y una extensión total de 0.93 km, para este

sitio, como en toda la sección norte, hay designados sitios de pesca artesanal en áreas tradicionales de pesca industrial, que buscan promover el acceso a recursos más abundantes y procurar mejor distribución de beneficios económicos a los pescadores tradicionales (CORALINA-INVEMAR, 2012).

Considerando, que la declaratoria de la UNESCO implica compromisos en materia de administración, manejo y conservación del área, durante los últimos años distintas entidades del orden nacional han venido realizando evaluaciones de los recursos que se encuentran en la Reserva, estas aproximaciones han abordado diversos enfoques, con periodos de duración variables y esfuerzos de muestreo fluctuantes. Los estudios previos han permitido avanzar en el conocimiento del área y sus recursos, y con ello consolidar el área como un sitio estratégico desde el punto de vista socioeconómico y ambiental. Aun así, algunos de los cayos y bajos por sus características de difícil acceso y compleja evaluación, aún no han sido estudiados a profundidad.

En los últimos años el Gobierno Nacional a través de la Vicepresidencia de la República, la Armada Nacional, la Dirección General Marítima - DIMAR, la Comisión Colombiana del Océano, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA, se han propuesto el objetivo de fortalecer el conocimiento científico de la Reserva de la Biósfera Seaflower. Esta iniciativa busca contar con información actualizada y de alta calidad, sobre los ecosistemas y recursos allí presentes y así determinar su estado actual de aprovechamiento y/o conservación.

Durante las expediciones realizadas previamente y otros trabajos científicos adelantados en la Reserva Seaflower, se ha destacado el papel

fundamental que cumplen los diferentes ecosistemas en los ciclos biológicos de muchas especies, la biodiversidad tanto marina como terrestre del área y la importancia estratégica de su preservación. Bajo este marco y dando continuidad a estos alcances, a través de la III Expedición Científica Seaflower se espera profundizar en el conocimiento científico de la Isla Cayo Serrana, en sus recursos y ecosistemas. Por ello la presente propuesta busca evaluar de manera directa (empleando hidroacústica) la abundancia (biomasa) y distribución espacial de los recursos ícticos presentes en esta región.

Metodología

Los límites de la Reserva de la Biósfera Seaflower, están representados por tres secciones: i) una al norte, con 37.522 km², que incluye los atolones de Quitasueño, Serrana y Roncador, además de otros bancos profundos; ii) una central con 12.716 km² que abarca el atolón de Old Providence, Santa Catalina y el Julio bank; y iii) la sección sur con 14.780 km², en la que se encuentran los atolones de San Andrés, East-South-East o Bolívar y South-South-West o Albuquerque y otros bancos como Far, Martínez y Meridiano 82 (CORALINA-INVEMAR, 2012). (Figura 1).

Tanto en Roncador como en Serrana, se registra la presencia de importantes recursos económicos como la langosta espinosa, el caracol pala y peces de interés comercial, esto posibilita el desarrollo de la pesca bajo condiciones de esfuerzo limitado, y actualmente son las únicas áreas donde la pesca es permitida (CORALINA-INVEMAR, 2012). Esta alta riqueza y elevada productividad se explica por la presencia de estratégicos ecosistemas que influyen sobre las diferentes etapas del ciclo de vida de las especies, así como de las condiciones oceanográficas de las masas de aguas que circundan la región.

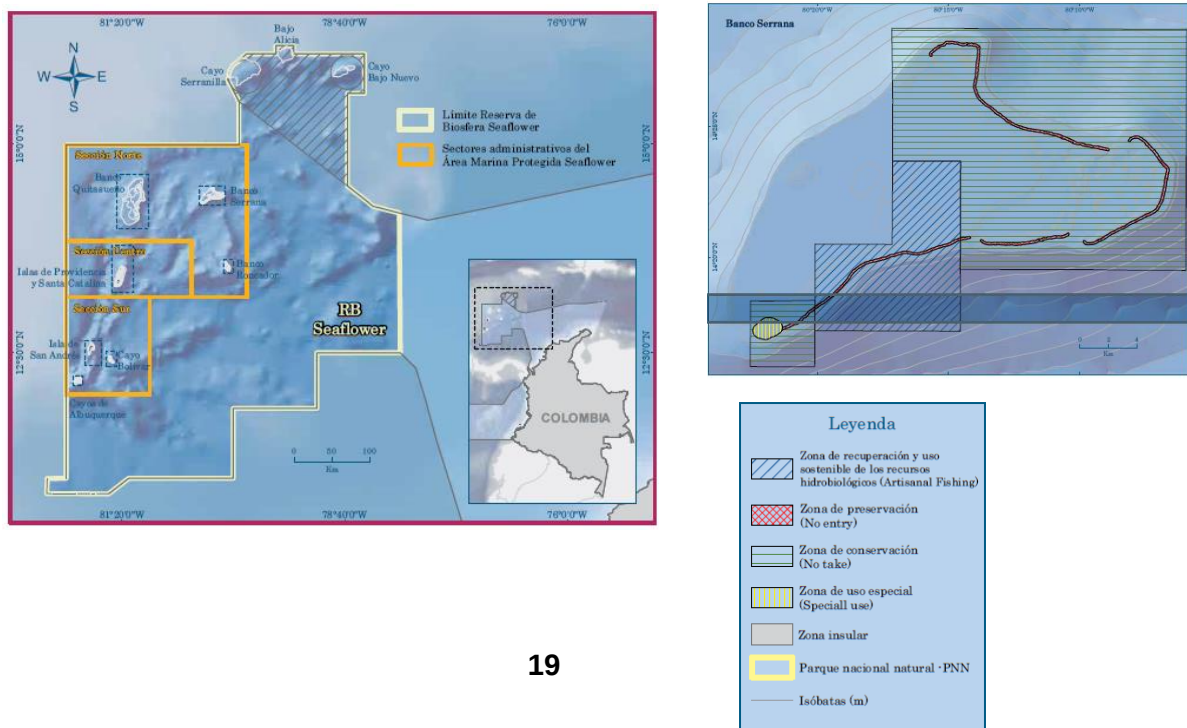


Figura 1. Ubicación del Cayo Isla Serrana, en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA-INVEMAR, 2012).

Se realizó un crucero de investigación hidroacústica para la evaluación directa de las poblaciones de peces pelágicos y demersales, a bordo de una lancha. El diseño del crucero correspondió a un muestreo al azar, desde el veril de 20 m hasta 100 m de profundidad. Para el registro acústico se utilizó una ecosonda científica Biosonics DT-X con ecointegrador y un transductor de 38 kHz Split Beam, combinado con un GPS diferencial FURUNO, para obtener la posición en tiempo real, y mayor precisión de localización. El análisis de los datos acústicos de recursos pesqueros mediante el software Visual Aquatic. El registro acústico continuo se discretizó en coeficientes de dispersión acústica de área náutica (NASC - Nautical area-scattering coefficient) de 1 milla náutica (mn). En la evaluación acústica de recursos pesqueros se obtuvo el número de ecos de peces por metro cuadrado (m^2) (Simmonds y MacLennan, 2005) es una medida de densidad acústica por ecointegración que es proporcional a la densidad de peces (Ton/mn^2) de la especie *i* (Paramo y Roa, 2003). Mediante el software Visual Aquatic se obtuvo la profundidad media de los cardúmenes de peces y el valor de fuerza de blanco (Target Strength, TS) que es proporcional a las tallas de los peces insonificados (Simmonds y MacLennan, 2005). Se hizo un análisis espacial con geoestadística (Cressie, 1993; Petitgas, 1993; Rivoirard *et al.*, 2000; Paramo y Roa, 2003; Paramo y Saint-Paul, 2012) para estimar la distribución espacial de la biomasa acústica (NASC), la profundidad media de los cardúmenes de peces y la fuerza de blanco (TS).

Resultados

En la figura 2 se muestra la distribución espacial del número de ecos de peces por metro cuadrado en el sector Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera. Se observó que las mayores biomásas acústicas se encontraron al sur-oeste del área de estudio, cerca de la isla Cayo Serrana (14.31° N; 80.35° W) y otra agregación con biomásas acústicas altas al noreste (14.36° N; 80.15° W) (Fig. 2a). La fuerza de blanco (TS, dB) muestra que los peces con mayor talla (-32.5 dB) se encontraron al noreste (14.41° N; 80.15° W), en el centro (14.36° N; $80.25-30^{\circ}$ W) y al norte de la isla Cayo Serrana (14.31° N; 80.38° W) (Fig. 2b). Los peces se encontraron a mayor profundidad al noreste del área de estudio y al norte de la isla Cayo Serrana (Fig. 2c), coincidiendo con los peces de mayor tamaño (Fig. 2b).

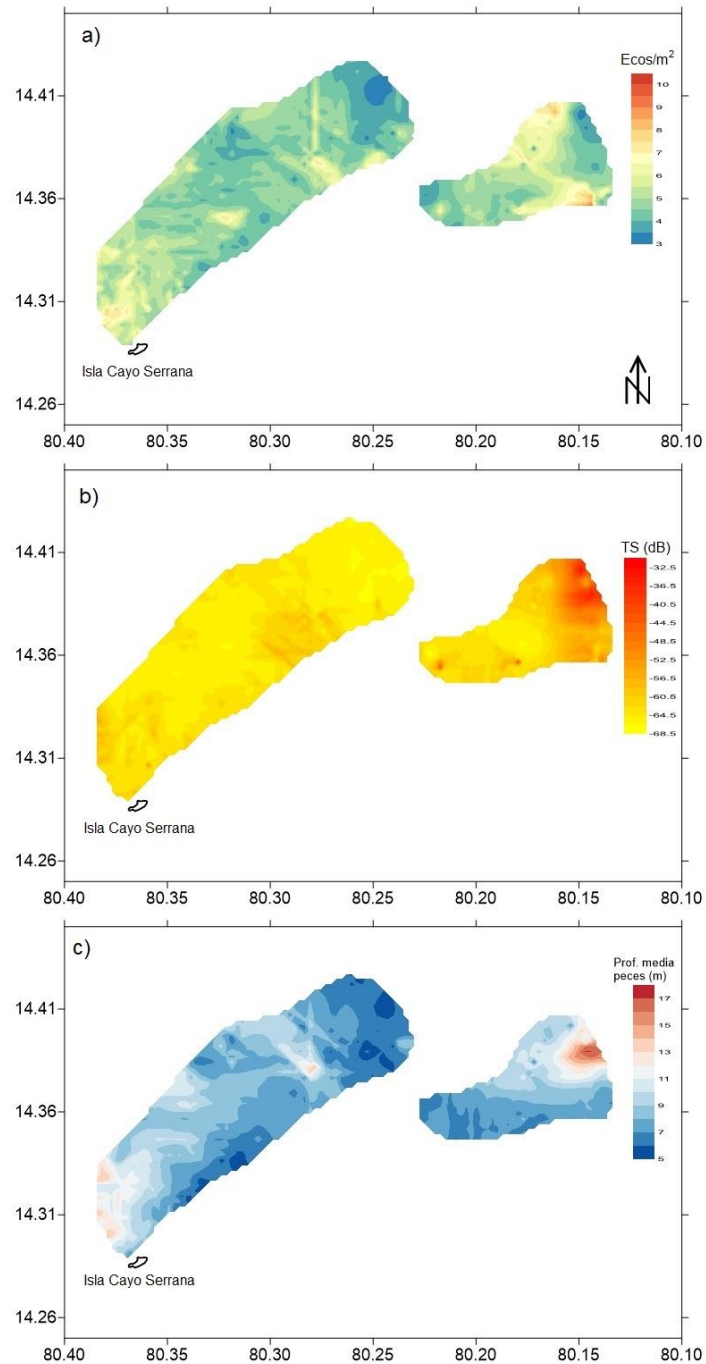


Figura 2. a) Distribución espacial del Número de ecoes/ m^2 , b) fuerza de blanco (TS), y c) Profundidad media de los peces en el sector Cayo Serrana, Reserva de la Biosfera

Conclusiones.

- ✓ Se logró observar que la distribución espacial de los peces en la Isla Cayo Serrana determinó que los individuos más pequeños estaban asociadas a la parte más somera, mientras que las especies de mayor tamaño estaban asociadas a las partes más profundas de la isla.
- ✓ El uso de ecosondas científicas portátiles es una herramienta muy útil para realizar estudios batimétricos, tipos de sedimentos y recursos pesqueros sin alterar el hábitat, lo cual es importante en este tipo de ecosistemas que tienen mucha protección por ser una Reserva de la Biosfera.

Referencias bibliográficas.

Ángel, L. F. y J. Polanía. 2001. Estructura y distribución de pastos marinos en San Andrés Isla, Caribe colombiano. Bol. Ecotrópica, 35: 1-24.

Bolaños N. 2006. Variaciones espaciales y temporales en la estructura de la comunidad de peces arrecifales de la Isla de San Andrés y su relación con el estado de los arrecifes. Tesis de pregrado. Cali -Colombia, Universidad del Valle, Departamento de Biología, Sección de Biología Marina. 67p.

Carreño, F., López, I., Payán, J., Arranz, C., Castellanos, E., 2011. Aplicación del análisis textural a datos de retrodispersión de sonda multihaz para la clasificación de fondos marinos. Revista de Teledetección. 36, 5–19.

CORALINA-INVEMAR. 2012. Gómez-López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Adréis” -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.

Cressie, N.A.C., 1993. Statistics for spatial data: 1-928. Wiley and Sons, New York.

Díaz J.M, G Díaz, J Garzón, J Geister, JA Sánchez y S. Zea. 1996. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. I. Complejos arrecifales oceánicos. Serie de publicaciones especiales, No.2. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Adréis, INVEMAR. Santa Marta. 83p.

Díaz, J. M., L. M. Barrios, M. H Cendales, .J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas Ángel, F. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie publicaciones especiales No. 5. Santa Marta. 176p.

Hastie, T.J., Tibshirani, R. J. 1990. Generalized Additive Models. Chapman y Hall, Londres. 352 pp.

Katsanevakis, S. 2007. Density surface modeling with line transect sampling as a tool for abundance estimation of marine benthic species: the *Pinna nobilis* example in a marine lake. *Marine Biology*. 152:77–85.

Katsanevakis, S., Maravelias, C.D. 2009. Bathymetric distribution of demersal fish in the Aegean and Ionian Seas based on generalized additive modelling. *Fisheries Science*. 75, 13-23.

Maravelias, C.D., E.V. Tsitsika., Papaconstantinou, C. 2007(a). Evidence of Morocco dentex (*Dentex maroccanus*) distribution in the NE Mediterranean and relationships with environmental factors determined by generalized additive modelling. *Fisheries Oceanography*. 16:294–302.

Maravelias, C.D., E.V. Tsitsika., Papaconstantinou, C. 2007(b) Seasonal dynamics, environmental preferences and habitat selection of John Dory (*Zeus faber*). *Estuarine Coastal Shelf Science*. 72:703–710.

Maravelias, C.D., Papaconstantinou, C.. 2003. Size-related habitat use, aggregation patterns and abundance of anglerfish (*Lophius budegassa*) in the Mediterranean Sea determined by generalized additive modelling. *Journal of Marine Biology Assoc UK*. 83:1171–1178.

Martínez-Clavijo, S., Correa-Ramirez, M., Paramo, J. y Ricaurte-Villota, C. (2019). Enfoque metodológico para la caracterización hidroacústica del fondo marino en Serrana Bank (Reserva de la Biosfera Seaflower). *Investigación de la plataforma continental*, 187, 103961.

Mejía, L.S., J. Garzón-Ferreira y A. Acero. 1998. Peces registrados en los complejos arrecifales de los cayos Courtown, Albuquerque y los bancos Serrana y Roncador, Caribe occidental, Colombia. *Bol. Ecotrópica*, 32:25-42.

Mejía, L. S. y J. Garzón-Ferreira. 2000. Estructura de comunidades de peces arrecifales en cuatro atolones del archipiélago de San Andrés y Providencia (Caribe sur occidental). *Rev. Biol. Trop.*, 48 (4): 883-896.

Paramo, J. & R. Roa, 2003. Acoustic-geostatistical assessment and habitat-abundance relations of small pelagic fish from the Colombian Caribbean. *Fish. Res.*, 60:309-319.

Paramo J. & U. Saint-Paul, 2012. Spatial structure of the pink speckled deep-sea shrimp *Penaeopsis serrata* (Bate, 1881) (Decapoda, Penaeidae) during November-December 2009 in the Colombian Caribbean Sea. *Crustaceana*, 85(1), 103-116.

Petitgas, P., 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application. *ICES Journ. Mar. Sci.*, 50:285-298.

Reyes-Nivia MC, A Rodríguez-Ramírez y J Garzón-Ferreira. 2004. Peces asociados a formaciones coralinas de cinco áreas del Caribe Colombiano: listado de especies y primeros registros para las áreas. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 33: 101-115.

Rivoirard, J., J. Simmonds, K.G. Foote, P. Fernandes & N. Bez, 2000. Geostatistics for Estimating Fish Abundance: 1-216. Blackwell Science, London.

Simmonds, J., D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustics Theory and Practice. Blackwell Publishing. 437 p.