

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Ordenamiento Marino Costero: Visión de Autoridad Marítima en zonas insulares del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano

Marine and Coastal Management: Vision of Maritime Authority in the San Andrés, Providencia, and Santa Catalina Archipelago in the Colombian Caribbean

DOI: <https://doi.org/10.26640/22159045.2024.636> Fecha de recepción: 2024-04-16 / Fecha de aceptación: 2024-09-04

María Paula Molina-Jiménez¹, Lady Tatiana Pusquín-Ospina², Fernando Afanador-Franco³, Nery Sirley Barrientos-Porras⁴, Carlos Banda-Lepesquer⁵, Iván Fernando Castro-Mercado⁶

Citar como:

Molina-Jiménez, M. P.; Pusquín-Ospina, L. T.; Afanador-Franco, F.; Barrientos-Porras, N. S.; Banda-Lepesquer, C.; Castro-Mercado, I. F. (2024). Ordenamiento marino costero: visión de autoridad marítima en zonas insulares del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. *Boletín Científico CIOH*, 43(1), 57-88. <https://doi.org/10.26640/22159045.2024.636>

RESUMEN

Los territorios insulares presentan una gran importancia debido a sus características ambientales, económicas y sociales, por lo que es necesario la planificación y gestión de sus espacios marinos y terrestres. En Colombia, el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es uno de los principales destinos turísticos y en donde se desarrollan varias actividades marítimas que podrían generar conflicto entre ellas y afectar los diferentes ambientes naturales. El propósito de esta investigación fue aplicar la metodología del Ordenamiento Marino Costero: Visión de Autoridad Marítima (OMC:VAM), analizando las etapas de condiciones actuales y futuras entre usos/actividades marino-costeras presentes en las islas, como una herramienta para la toma de decisiones. Los resultados indicaron que los usos que más contribuyen al conflicto son las áreas restringidas: el área marina protegida, la zona de pesca artesanal y los corales; adicionalmente, se definieron las zonas más adecuadas para el desarrollo de actividades marítimas y su compatibilidad a partir del Modelo de Asignación y Colocalización (MAyC), estableciendo los porcentajes de zonas aptas para los usos de acuicultura (61.24 %), parques eólicos (48.02 %) y cables submarinos (48.32 %). Finalmente, con el establecimiento del Índice de Priorización para la Toma de Decisiones (IPTD), que determinó el grado de tendencia de desarrollo y representatividad de cada uso/actividad en el área, se consideró que la acuicultura es el sector con mayor tendencia de crecimiento con respecto a parques eólicos y cables submarinos.

PALABRAS CLAVE: ordenamiento marino costero; actividades marítimas; conflictos; asignación; colocalización; escenarios de desarrollo futuro; sistemas de información geográfica

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2089-0381>. Bióloga marina. M.Sc. en Ciencias Marinas. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH). Correo electrónico: mmolina@dimar.mil.co

² ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8616-8661>. Geóloga Especialista en Sistemas de Información Geográfica. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH). Correo electrónico: lpusquin@dimar.mil.co

³ ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4708-3280>. Ingeniero Catastral y Geodesta, Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos, Magister en Auditoría y Gestión Ambiental. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH). Correo electrónico: Fernando.Afanador@dimar.mil.co

⁴ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7539-2841>. Ingeniera oceanográfica. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH). Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH). Correo electrónico: nerjomc@gmail.com

⁵ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6817-2111>. Tecnólogo delineante de arquitectura e ingeniería. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH). Correo electrónico: cbanda@dimar.mil.co

⁶ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6799-5036>. Ingeniero Geógrafo, M. Sc. en Auditoría de Gestión Ambiental. Dirección General Marítima. Correo electrónico: ICastroM@dimar.mil.co



Publicado por la Dimar

ABSTRACT

Island territories hold significant importance due to their environmental, economic, and social characteristics, making it necessary to plan and manage their marine and terrestrial spaces. In Colombia, the Archipelago of San Andrés, Providencia, and Santa Catalina stands as a primary tourist destination, hosting various maritime activities that have the potential to generate conflicts and impact diverse natural environments. The purpose of this research was to apply the methodology of Marine and Coastal Management: Vision of Maritime Authority (MCM:VMA), methodology to analyze the current and future conditions of marine-coastal uses and activities within the islands, as a tool for decision making. Results from this research reveal that the primary contributors to conflict include restricted areas, the Marine Protected Area, the artisanal fishing zone, and the coral reefs. Furthermore, the most suitable zones for the development of maritime activities and their compatibility were defined on the basis of the Allocation and Co-location Model (MAYC in Spanish), the study established the percentages of suitable areas for aquaculture (61.24%), offshore wind farms (48.02%), and submarine cables (48.32%). Finally, through the implementation of the Prioritization Index for Decision Making (IPTD in Spanish) which determined the degree of development trend and representativeness of each use/activity in the area, aquaculture emerges as the sector with the highest growth potential when compared to offshore wind farms and submarine cables.

KEYWORDS: *Marine and coastal management; maritime activities; conflicts; allocation; co-location; future development scenarios; Geographic Information Systems*

INTRODUCCIÓN

En las zonas insulares el crecimiento de los sectores relacionados con turismo, pesca, comercio y agricultura, entre otros, así como el desarrollo urbanístico, han generado presión sobre los recursos marinos; sumado a lo anterior, la falta de planes de gestión que involucren componentes tanto marinos como terrestres han provocado incompatibilidades entre las actividades marítimas, los ecosistemas y los diferentes actores (Aldana y Hernández, 2016; Gallego-Cosme, 2014).

En Colombia, el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina no es ajeno a esta problemática, ya que en sus áreas marino-costeras se han desarrollado de manera desorganizada múltiples actividades, debido principalmente a que su plan de ordenamiento territorial (POT) llegó a demorarse alrededor de 15 años (1989-2003) para ser aprobado (Ramírez-Charry, 2019). A su vez, el incremento de la población, que según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) fue un 2.86 % entre los años 2005 a 2018 (Gobernación Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2021) ha provocado que se generen mayores conflictos de uso por el espacio (Christie, Smyth, Barnes y Elliott, 2014).

Es por esto por lo que la Dirección General Marítima (Dimar), como Autoridad Marítima Nacional, responsable de la ejecución de la política del Estado colombiano en esta materia, a través de la regulación y coordinación de las actividades marítimas (Decreto Ley N°. 2324,1984), la misión, la visión, los principios institucionales, los intereses marítimos, las estrategias de desarrollo institucional proyectadas hacia el año 2042 (Dimar, 2022); y lo establecido en el Conpes 3990 (DNP, 2020a) ha abordado el "Ordenamiento Marino Costero: Visión de Autoridad Marítima (OMC:VAM)", que busca:

"[...] analizar y asignar distribuciones temporales y espaciales de actividades humanas en aguas jurisdiccionales y zonas costeras colombianas, con el fin de lograr la consolidación del país como una potencia biooceánica bajo un enfoque holístico y de seguridad integral marítima, fluvial y portuaria; así como también, de una estrategia y estructura marítima nacionales, garantizando los principios ecológicos, económicos y sociales" (Afanador-Franco, Molina-Jiménez, Pusquín-Ospina, Escobar-Olaya y Castro-Mercado, 2019).

Asimismo, el OMC:VAM, debido a la contingencia por la COVID-19 que afectó la economía mundial, consideró la tendencia de desarrollo futuro de las

actividades marino-costeras a partir del análisis de crecimiento global bajo escenarios con y sin pandemia, para facilitar la toma de decisiones enfocadas a mejorar las condiciones actuales y futuras del espacio marítimo (Ehler y Douvere, 2009; McGowan, Jay y Kidd, 2019; Scenari Introduction, 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior, desde el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), se llevó a cabo la aplicación de la metodología OMC:VAM en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, como una contribución que facilite la gestión del territorio a los tomadores de decisiones, por ser una zona con gran importancia ambiental y alta oferta de planes turísticos.

Según la Asociación Colombiana de Viajes y Turismo (Anato, 2023), el archipiélago es el sexto departamento con mayor llegada de turistas, tanto nacionales como internacionales, y se considera el más dependiente del turismo en el país, ya que se estima que el 70 % de su economía gira alrededor de esta actividad (Gobernación Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2019). Asimismo, la pesca representa una actividad económica importante; sin embargo, no es suficiente para abastecer las necesidades de la comunidad, por esta razón la implementación de proyectos de acuicultura podría ser una opción con la cual los pescadores están de acuerdo para mejorar sus condiciones y las del medio (Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, s. f.; Sarmiento-Guerrero y Pérez-Walteros, 2021). En cuanto a la generación de energía, se está buscando cambiar el uso de combustible fósil por energías renovables que permitan satisfacer las necesidades de los isleños, disminuir costos y reducir la dependencia del diésel (Arias y Duffis, 2017; Más Comunidad, 2023). Adicionalmente, por su ubicación geográfica, los cables submarinos constituyen una herramienta importante para establecer las telecomunicaciones necesarias para la conectividad, el acceso a la información y para afrontar cualquier situación que se presente en las islas (Asomovil, 2021).

En esta investigación se aplicó la metodología del OMC:VAM a partir de lo establecido en las publicaciones denominadas: 'Conflictos de uso en el proceso de Ordenamiento Marino Costero:

Visión de Autoridad Marítima. Departamento de Bolívar-Colombia' (Afanador-Franco *et al.*, 2019), 'Ordenamiento Marino Costero: Visión de Autoridad Marítima. Caso Departamento de Bolívar, Colombia' (Afanador-Franco *et al.*, 2021), 'Modelo de asignación y colocalización de actividades marítimas para el ordenamiento marino costero en el departamento de Bolívar, Colombia' (Afanador-Franco *et al.*, 2022), 'Zonificación de actividades marítimas bajo escenarios de desarrollo futuro en los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba, Colombia' (Afanador-Franco, Molina-Jiménez, Pusquín-Ospina, Barrientos, Banda-Lepesquer y Castro-Mercado, 2023).

ÁREA DE ESTUDIO

El archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina está ubicado en el mar Caribe, al noroccidente de Colombia, entre los 12° y 16° de latitud norte y entre los 78° y 82° longitud oeste (Fig. 1), ocupando un área de 180 000 km². Fue declarado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), en el año 2000, como Reserva de la Biósfera Seaflower, debido a su importancia para los ecosistemas marinos y costeros. Comprende las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, las islas Cayos del Este Sudeste, Cayos de Serranilla, Cayos de Alburquerque, Cayos de Roncador, Cayos de Quitasueño, Cayos de Serrana, y los bajos Alicia y Bajo Nuevo (Carvajal, 2009; CCO, 2015; CCO, s. f.; Decreto 1946 de 2013; Díaz, 2005).

Posee una gran riqueza en biodiversidad marina e importantes ecosistemas como el manglar, arrecifes coralinos y pastos marinos, entre otros; se caracteriza por presentar un clima húmedo desde mayo hasta noviembre, y un clima seco desde diciembre hasta abril, influenciado por los vientos Alisios del NE; con una temperatura promedio de 28°C y una humedad alta durante la mayor parte del año (Dagua, Torres y Monroy, 2018). Adicionalmente, se encuentra situado dentro del cinturón de huracanes del Caribe, lo cual se hace evidente con el paso de varios de estos eventos a lo largo de la historia, con una ocurrencia hasta el año 2010 de aproximadamente 0.54 eventos/año, de los cuales solo algunos han llegado hasta la costa (CIOH, 2010; Ortiz-Royero, 2012; Ortiz-Royero, Plazas y Lizano, 2015; Rey *et al.*, 2019; Rey *et al.*, 2021).

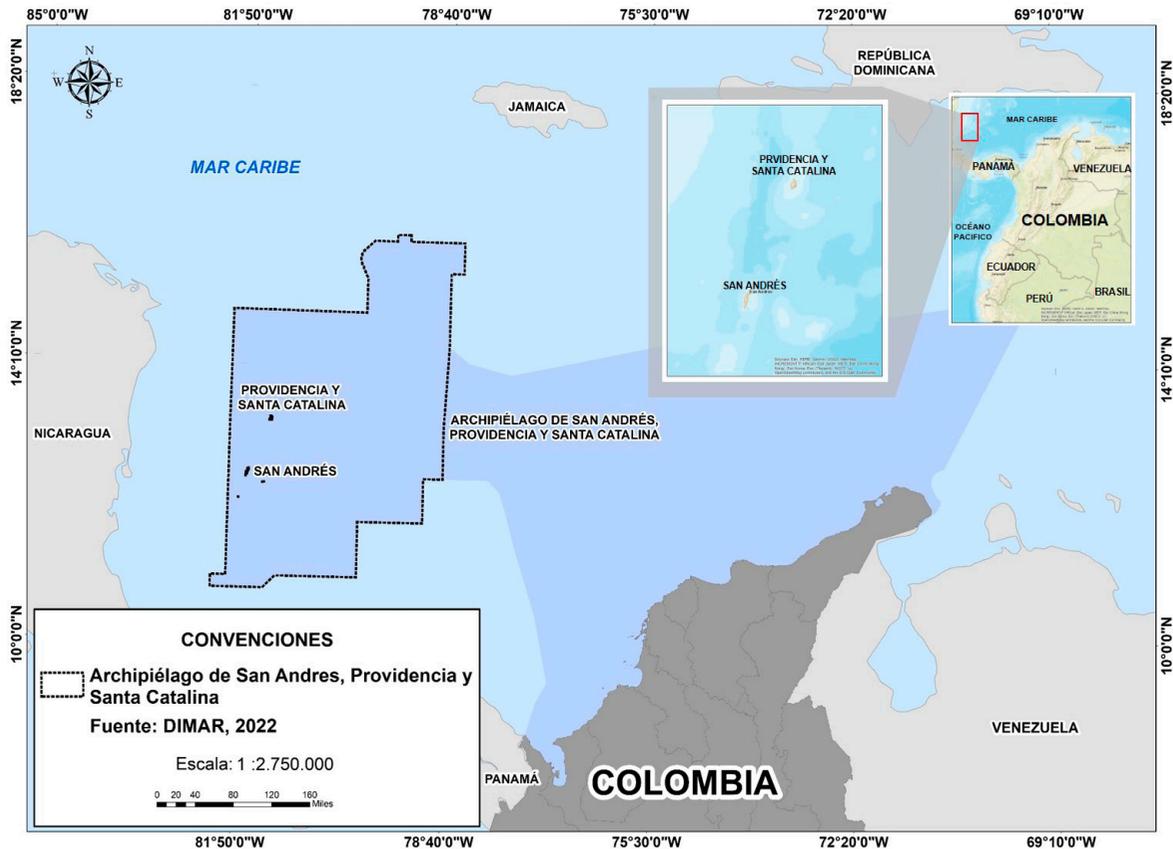


Figura 1. Localización del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

El archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se encuentra ubicado en el alto de Nicaragua, al noroeste de la cuenca Colombia y presenta una tendencia NNE- SSW con un origen volcánico en el cenozoico temprano, representado por flujos de lava y depósitos piroclásticos y epiclásticos; posteriormente, la subsidencia de estos volcanes y la depositación de calizas arrecifales definieron los rasgos geomorfológicos que se observan hasta ahora (Carvajal, 2009; Case *et al.*, 1990 en Idárraga-García, García-Varón y León-Rincón, 2021; Dimar-CIOH, 2013; Geister y Díaz, 2007; Idárraga-García y León-Rincón, 2019; Milliman y Supko, 1968, en Díaz, 2005).

De acuerdo con Idárraga-García *et al.* (2021), el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina corresponde a la provincia geomorfológica denominada Provincia Volcánica del Occidente del Caribe, la cual se encuentra representada por geoformas de origen volcánico y estructural, como montes submarinos, guyots, espolones, picos volcánicos, cuencas limitadas por fallas y columnas

estructurales. En cuanto a la geomorfología costera, se diferencian unidades asociadas a costas bajas y costas altas, como playas, lagunas costeras, barras litorales, barras arrecifales, dunas, llanuras de inundación, sistemas de lomas y colinas, plataformas de abrasión elevada y terrazas coralinas (Carvajal, 2009; Dimar-CIOH, 2013).

METODOLOGÍA

El OMC:VAM en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se aplicó siguiendo la metodología propuesta por la Dimar en Afanador-Franco *et al.* (2019, 2021, 2022 y 2023), la cual consiste en las siguientes etapas:

Establecimiento de los elementos de gobernanza

En donde se estableció el objetivo estratégico de convertir al país en una potencia biooceánica, alineado con el Plan Nacional de Desarrollo - Colombia Potencia Mundial de la Vida 2022-2026, en sus ejes de transformación de ordenamiento

alrededor del agua y transformación productiva, internacionalización y acción climática. Adicionalmente, se definieron una serie de aspectos técnicos como las escalas de representación, las diferentes clases de usos/actividades, conformación cartográfica y documentación espacial.

Etapa de preplaneación

En esta fase se identificaron, por medio de información secundaria, los actores primarios que utilizan directamente los recursos y pueden contribuir a los conflictos, y secundarios, correspondientes a las diferentes entidades que regulan las actividades presentes en el archipiélago, dando respuesta a las siguientes preguntas: ¿Quiénes deben ser involucrados en el proceso?, ¿cuándo deben ser convocados al proceso? y ¿cuál es la forma en que deben ser involucrados? (Maguire, Potts y Fletcher, 2012; Afanador-Franco *et al.*, 2019; 2021).

Análisis de condiciones actuales relacionadas con conflictos

Se realizó la documentación espacial y fotográfica de las actividades marino-costeras, a través de trabajo de campo, realizando encuestas mediante la herramienta Survey 123 de ArcGIS, en la que se definieron las categorías de uso/actividad, teniendo en cuenta lo establecido en el Decreto Ley 2324/84.

De acuerdo con la información anterior y por medio del juicio de expertos, se aplicó el análisis multicriterio basado en el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP), que consiste en establecer comparaciones entre pares de usos a través de valores relativos empleando una escala de importancia (Afanador-Franco *et al.*, 2019, 2021), los cuales se presentaron en una matriz cruzada de compensación de parejas, en la que se analizaron los cruces entre los usos en el área de estudio y se definieron las superposiciones conflictos.

Adicionalmente, se realizaron tres matrices correspondientes a: *i*) Matriz de justificación, en la que se explicó de forma breve la razón de la asignación de los valores de importancia, *ii*) Matriz normalizada de compensación por parejas, en la que, a partir de un proceso matemático, los valores asignados en la primera matriz se ajustaron a un rango entre 0 y 1, y *iii*) Matriz de pesos, en la que

se calcularon los pesos de cada uso, promediando sus respectivos conflictos y se identificaron los usos que más contribuyen al conflicto.

A continuación, por medio de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), se realizaron dos aproximaciones para visualizar y presentar la distribución espacial de los conflictos; la primera consistió en cuantificar el índice de conflicto entre pares de usos, teniendo en cuenta los pesos de cada uno. Y la segunda analizó la cantidad de superposiciones entre los usos que tienen más conflictos.

Finalmente, se generaron los mapas correspondientes a cada una de las aproximaciones y se definieron las áreas libres en las que no se presentaron usos y conflictos, y pueden ser aptas para el desarrollo de futuras actividades marítimas. El proceso detallado de esta etapa está descrito en Afanador-Franco *et al.*, 2019, 2021 (Fig. 2).

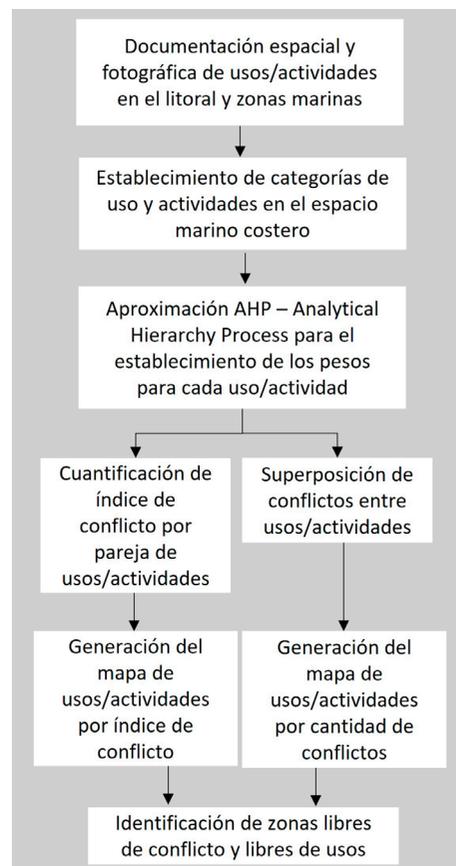


Figura 2. Proceso metodológico para el análisis de condiciones actuales relacionadas con conflictos.

ANÁLISIS DE CONDICIONES FUTURAS

En esta etapa (Fig. 3) se implementó el Modelo de Asignación y Colocalización (MAYC), con el que se busca establecer espacialmente la mejor ubicación de usos con tendencia al desarrollo, en lugares que cumplen con ciertos criterios técnicos y ambientales, y se plantean escenarios que permiten identificar oportunidades, conflictos

y compatibilidades para orientar la toma de decisiones (Afanador-Franco *et al.*, 2021).

En este caso se consideraron los escenarios antes y después de la pandemia por la COVID-19, y se evaluaron las características de crecimiento y desarrollo futuro para los usos de acuicultura, parques eólicos y cables submarinos (Afanador-Franco *et al.*, 2022, 2023).

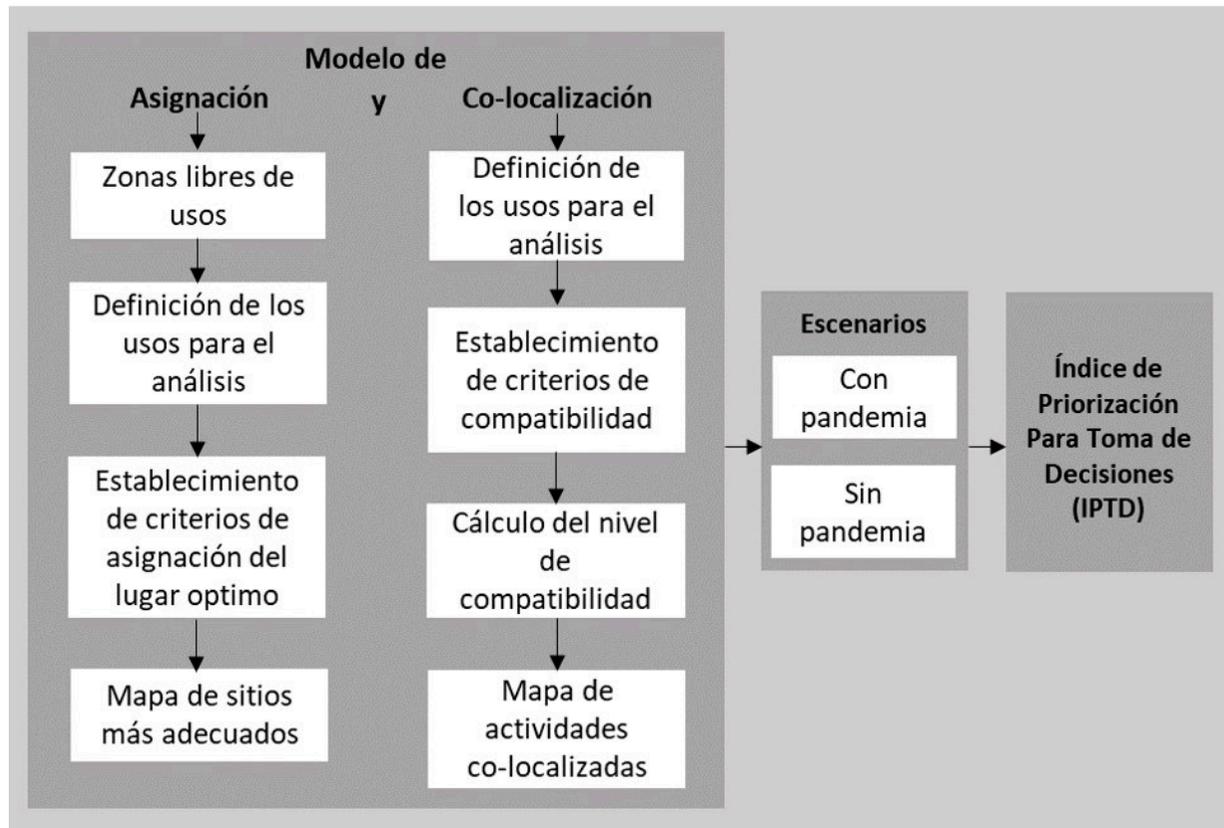


Figura 3. Proceso metodológico para el análisis de condiciones futuras.

Análisis de asignación. Se establecieron los criterios técnicos y ambientales (profundidad, tipo de fondo, corrientes, oleaje, entre otros) por medio de información bibliográfica, juicio de expertos y disponibilidad de datos, los cuales se subdividieron en subcriterios de condiciones aptas, medianamente aptas y no aptas; y, a través de herramientas SIG, se cruzaron para determinar la localización de las posibles zonas aptas para el desarrollo futuro de un uso en áreas libres de actividades marítimas presentes en la actualidad. El proceso detallado de esta etapa está descrito en Afanador-Franco *et al.*, 2022.

Análisis de colocalización. En esta etapa se buscó el desarrollo de usos en un mismo espacio geográfico minimizando sus conflictos, por medio de una escala de compatibilidad entre pares de usos que evalúa los efectos positivos y/o adversos, para lo cual se construyó una matriz con los criterios establecidos en el análisis de asignación y con variables de eficiencia y eficacia (proximidad a las costa, vocación turística, calidad del agua, entre otras) definidas para cada uso. El proceso detallado de esta etapa está descrito en Afanador-Franco *et al.*, 2022.

Escenarios de desarrollo futuro y porcentaje de tendencia futura. Se definieron los escenarios de: *i)* Crecimiento Global Sin Pandemia, en la que se supone que no se presentó la pandemia de la COVID-19 y que las tendencias de crecimiento de actividades marítimas se mantendrán hasta el año 2030. *ii)* Crecimiento Global Con Pandemia, que estimó la recuperación de las tendencias de desarrollo futuro marítimo durante la COVID-19 hasta 2030. Para cada actividad se estableció, por medio de información bibliográfica, el porcentaje de tendencia futura bajo cada escenario (Afanador-Franco, Molina-Jiménez, Pusquín-Ospina, Barrientos, Banda-Lepesquer y Castro-Mercado, 2023).

Determinación del Índice de Priorización para la Toma de Decisiones (IPTD). Teniendo en cuenta el análisis MAYC y los escenarios definidos para cada actividad se calculó el IPTD, a partir de la tendencia de desarrollo y la relación entre el área de la zona apta y el área total de estudio, lo cual permite definir entre varias actividades a cuál se le debería dar prioridad en caso de que se presenten varias solicitudes del espacio para desarrollarse al mismo tiempo (Afanador-Franco *et al.*, 2023).

Para calcular el IPTD entre varios usos se realizó una normalización, en la que los valores cercanos a 1 indican cual uso se debe priorizar, ya que tiene mayor tendencia de crecimiento y representatividad. El proceso detallado de esta etapa está descrito en Afanador-Franco *et al.*, 2023.

RESULTADOS

Elementos de gobernanza

En el OMC:VAM se identificaron decretos, políticas, convenios y/o acuerdos nacionales e internacionales como:

- Decreto Ley 2324 del año 1984, donde se establece que la Dirección General Marítima tiene por objeto la regulación, dirección, coordinación y control de las actividades marítimas.
 - Decreto 5057 de 2009, que define las funciones del Director General Marítimo, especificando la responsabilidad de planear, dirigir, coordinar y evaluar la reglamentación para el desarrollo, control y vigilancia de las actividades marítimas.
 - Plan Estratégico de la Dimar 2042 (Dimar, 2022), que define los objetivos estratégicos correspondientes a “direccionar la promoción y desarrollo seguro y sostenible de actividades marítimas” e “incidir en el ámbito nacional e internacional para consolidar los intereses marítimos”.
 - Política General de Ordenamiento Territorial (PGOT) (DNP, 2020b), que tiene como objetivo “orientar la organización física, socioespacial y políticoadministrativa del territorio nacional.
 - Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros (Pnoec) (CCO, 2018) y el Consejo Nacional de Política Económica y Social Conpes-3990 (DNP, 2020a) que estipulan el objetivo interinstitucional de convertir a Colombia en una potencia biooceánica, a través de la conexión del territorio continental al territorio oceánico.
 - Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (DNP, 2023), que establece los ejes de transformación relacionados con ordenamiento del territorio alrededor del agua (enfoque funcional de ordenamiento del territorio) y transformación productiva, internacionalización y acción climática (uso de energías limpias).
 - Convenio Internacional sobre Seguridad de la Vida Humana en el Mar de 1974 y el protocolo de 1978 SOLAS 74/78, relacionado con las normas que deben cumplir los buques mercantes para efectuar una navegación con seguridad.
 - Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación del Mar por Buques, el cual se centra en temas de contaminación por hidrocarburos, el manejo de sustancias nocivas líquidas, el transporte de sustancias perjudiciales, aguas sucias y basuras de los buques: MARPOL 73/78.
- Adicionalmente, la información sobre las actividades marítimas se recopiló a partir de datos disponibles de diferentes entidades a nivel nacional relacionadas con la gestión y ordenamiento de los espacios marinos costeros, y para una representación adecuada de los usos/actividades identificados entre el límite de los bienes de uso público y las 200 millas náuticas se utilizaron escalas entre: 1:1 750 y 1:820 000, bajo el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS con origen único (CTM12) (Afanador-Franco *et al.*, 2019, 2021).

Preplaneación

Para efectos del desarrollo del ordenamiento marino costero, en el área de estudio del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se identificaron 517 actores primarios relacionados con actividades como pesca (1), operadores turísticos (3), hoteles (188), restaurantes (161), deportes náuticos (29), sector comercial (74), marinas (8), sector institucional (49), cooperativas (1), cables submarinos (3) y (32) actores secundarios de diferentes sectores como defensa, ambiente, turismo, pesca y telecomunicaciones, a los cuales se les divulgará los resultados obtenidos durante el OMC:VAM con el fin de retroalimentar el proceso (Afanador-Franco *et al.*, 2019, 2021).

Condiciones actuales relacionadas con conflictos

Las categorías de usos/actividades se establecieron de acuerdo con el Decreto Ley 2324 de 1984, correspondiente a las actividades marítimas en las que tiene injerencia la Dimar,

usos del suelo y una base natural clasificada por la función ecosistémica, de acuerdo con lo establecido por De Groot, Wilson y Boumans (2002) y Portman (2016). Se identificaron 38 usos/actividades, los cuales corresponden a 32 usos categorizados en 11 actividades marítimas y 6 usos incluidos en la clasificación de usos del suelo.

La información se recopiló a partir de bases de datos disponibles de diferentes entidades como Dimar, Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), Plan de Ordenamiento Territorial de Providencia, Tremarctos Colombia 3.0, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Sistema de Información para la Gestión de los Manglares de Colombia (SIGMA), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (Invemar), el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder) y la Universidad de Bogotá “Jorge Tadeo Lozano” (Tabla 1).

Tabla 1. Categorías de usos/actividades para la zona marino costera del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Ítem	Actividades marítimas (Decreto Ley 2324/84)	Uso/actividad
1	Señalización Marítima	Boyas y faros
2	Control del tráfico marítimo	Áreas de fondeo
3		Canales de navegación
4	Construcción, operación y administración de instalaciones portuarias	Concesiones portuarias
5	Administración y desarrollo de la zona costera	Concesión marítima emisarios submarinos
6		Concesión marítima hoteles
7		Concesión marítima restaurantes
8		Concesión marítima marinas -embarcaderos
9	Colocación de cualquier tipo de estructuras, obras fijas o semifijas en el suelo o en el subsuelo marinos	Cables submarinos
10		Tubería submarina
11	Conservación, preservación y protección del medio marino	Especies amenazadas
12		Concentración de aves
13		Concentración de mamíferos
14		Concentración de reptiles
15		Parques nacionales regionales
16		Parques nacionales naturales
17		Área marina protegida
18		Pastos marinos
19		Corales
20		Zona pesca artesanal
21		Zona de pesca blanca

Ítem	Actividades marítimas (Decreto Ley 2324/84)	Uso/actividad
22	Utilización, protección y preservación de los litorales	Bienes de uso público - playas
23		Bienes de uso público - bajamares
24		Manglar
25	Búsqueda y extracción o recuperación de antigüedades o tesoros náufragos	Naufragios
26	Recreación y deporte náutico marino	Buceo
27		Zona para deportes náuticos
28	Rellenos dragados y obras de ingeniería oceánica	Obras de protección costera
29		Rellenos dragados y obras de ingeniería oceánica
30	Otros usos y/o aprovechamiento marino	Áreas restringidas
31		Ruta de pesca blanca
32		Arrecifes artificiales
33	Usos del suelo	Zona urbana
34		Turismo
35		Institucional
36		Ganadería
37		Agricultura
38		Playas con vocación turística

De acuerdo con lo obtenido mediante la aproximación AHP los usos que más contribuyen al conflicto corresponden a las áreas restringidas, las áreas marinas protegidas, zona de pesca artesanal, playas con vocación turística y corales (Tabla 2, Fig. 4). Por otra parte, las actividades marítimas con mayor cantidad de conflictos identificados a partir de las superposiciones para el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa

Catalina corresponden a la zona de pesca artesanal, áreas restringidas, área marina protegida, pastos marinos y corales (Tabla 3, Fig. 5).

Finalmente, se generó el mapa de zonas libres de conflicto y el mapa de zonas libres de usos, como resultado de un proceso con herramientas de SIG en el cual se extraen las áreas ocupadas por los conflictos y por los diferentes usos/ actividades, respectivamente (figuras 6 y 7).

Tabla 2. Usos que más contribuyen al conflicto en la zona marino costera del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Uso/actividad	Pesos
Áreas restringidas	0.1221
Área marina protegida	0.0988
Zona pesca artesanal	0.0833
Playas con vocación turística	0.0553
Corales	0.0459

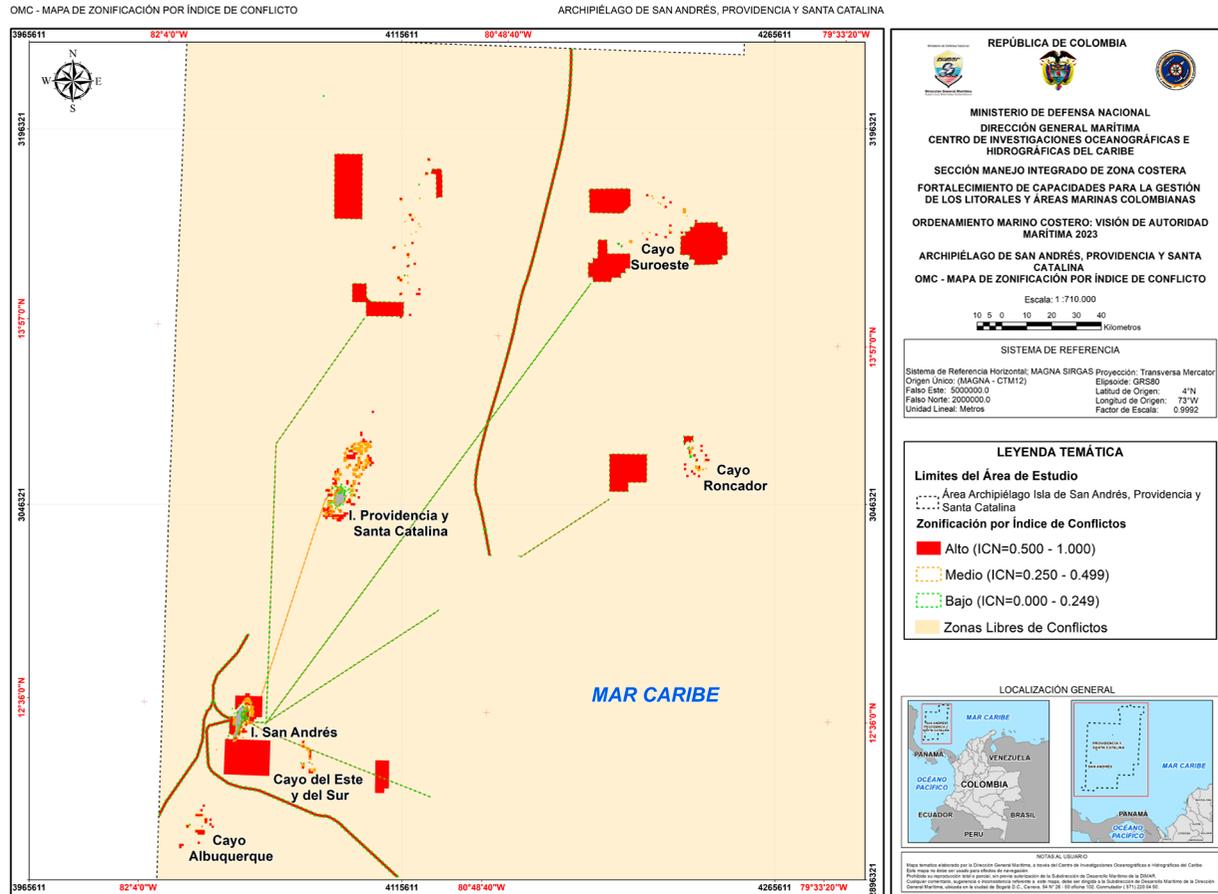
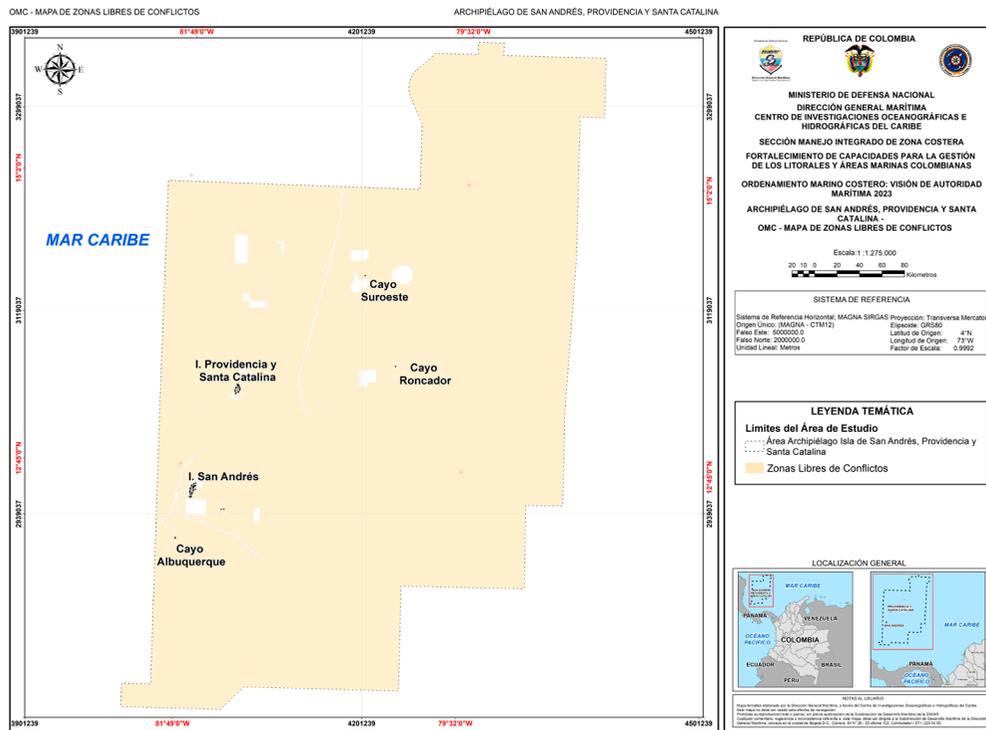
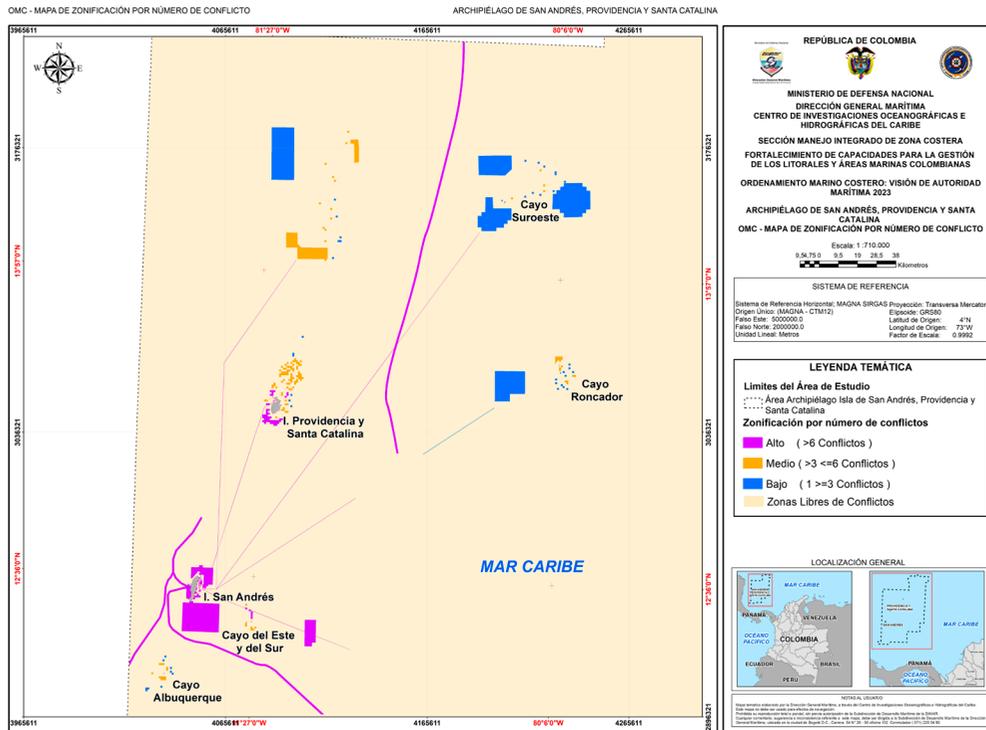


Figura 4. Mapa de zonificación por índice de conflictos en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tabla 3. Usos con más superposiciones en la zona marino costera del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Uso/actividad	Conflictos
Zona pesca artesanal	19
Áreas restringidas	19
Área marina protegida	17
Pastos marinos	15
Corales	15



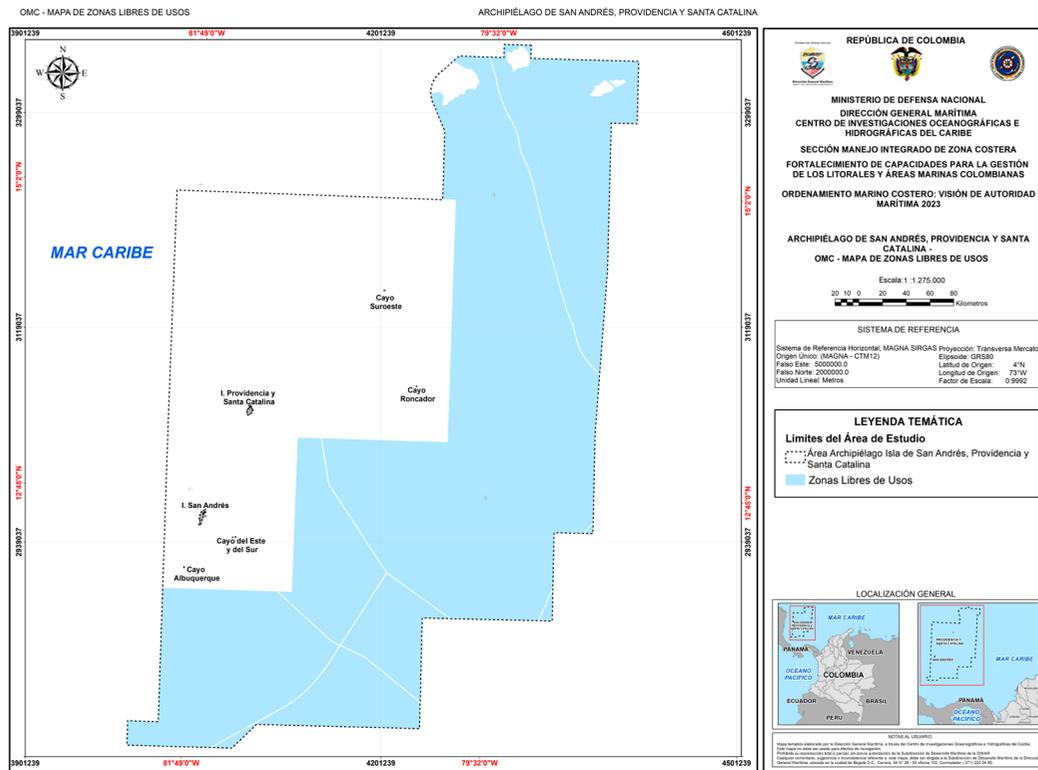


Figura 7. Mapa de zonas libres de usos en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Condiciones futuras

Asignación. Se seleccionaron las actividades de acuicultura, parques eólicos y cables submarinos debido a que presentan mayor tendencia de desarrollo futuro en términos tanto económicos como sociales, y se establecieron las zonas más adecuadas para su ubicación y desarrollo en el área de estudio (Afanador-Franco *et al.*, 2022).

Acuicultura. La determinación de las zonas aptas para el desarrollo futuro de la acuicultura se definió utilizando los criterios y datos oceanográficos disponibles: tipo de fondo marino, periodo de oleaje, altura de ola significativa, corrientes y los posibles efectos sobre los sedimentos. Para este caso la profundidad no se tuvo en cuenta, debido a que varía dependiendo de las especies que se vayan a cultivar (Tabla 4; Fig. 8).

Tabla 4. Criterios técnicos y ambientales empleados en el establecimiento de las zonas más adecuadas para el desarrollo de acuicultura.

Criterio	Peso del criterio	Subcriterios	Peso del subcriterio	Categoría	* Peso Ponderado	Fuente
Tipo de fondo marino	0.20	a) Arenosos	0.5	Apto	0.100	Meindl, 1996; Rojo, 2016; Cardia, Ciattaglia y Corner, 2017; Ivars, 2017; Queensland Government, 2019
		b) Rocosos	0.35	Medianamente apto	0.070	
Periodo de oleaje (T)	0.12	a) $1.9 s < T \leq 359 s$	0.5	Apto	0.060	Munk, 1950 en Palomino, Almazán y Arrayás, 2001; Rubino, 2008; Cavia del Olmo, 2009; Kapetsky, Aguilar y Jenness, 2013; COWI y Ernst, 2013; López y Ruiz, 2015

Criterio	Peso del criterio	Subcriterios	Peso del subcriterio	Categoría	* Peso Ponderado	Fuente
Altura de ola significativa (Hs)	0.13	a) $0.59 \text{ m} < Hs \leq 6.9 \text{ m}$	0.5	Apto	0.065	Munk, 1950 en Palomino, <i>et al.</i> , 2001; Rubino, 2008; Cavia del Olmo, 2009; Kapetsky <i>et al.</i> , 2013; COWI y Ernst, 2013; López y Ruiz, 2015
Velocidad de la corriente (Wc)	0.25	a) $0.13 \text{ m/s} < Wc \leq 1 \text{ m/s}$ (Media)	0.5	Apto	0.125	Milne, 1976; Carroll, Cochrane, Fieler, Velvin y White, 2003; Stiggebrandt, 2011; Kapetsky <i>et al.</i> , 2013; COWI y Ernst, 2013; López y Ruiz, 2015
		b) $0 \text{ m/s} \leq Wc \leq 0.13 \text{ m/s}$ (Lenta)	0.35	Medianamente apto	0.087	
Destrucción directa	0.30	a) Sedimentos	0.4	Apto	0.120	Handy y Poxton, 1993; Boyd, 1995; FAO, 2006; Pérez, García, Invers y Ruiz, 2008; Herbeck, Unger, Wu y Jennerjahn, 2013; Rabasso, 2016

**peso ponderado*=*peso del criterio* x *peso subcriterio*

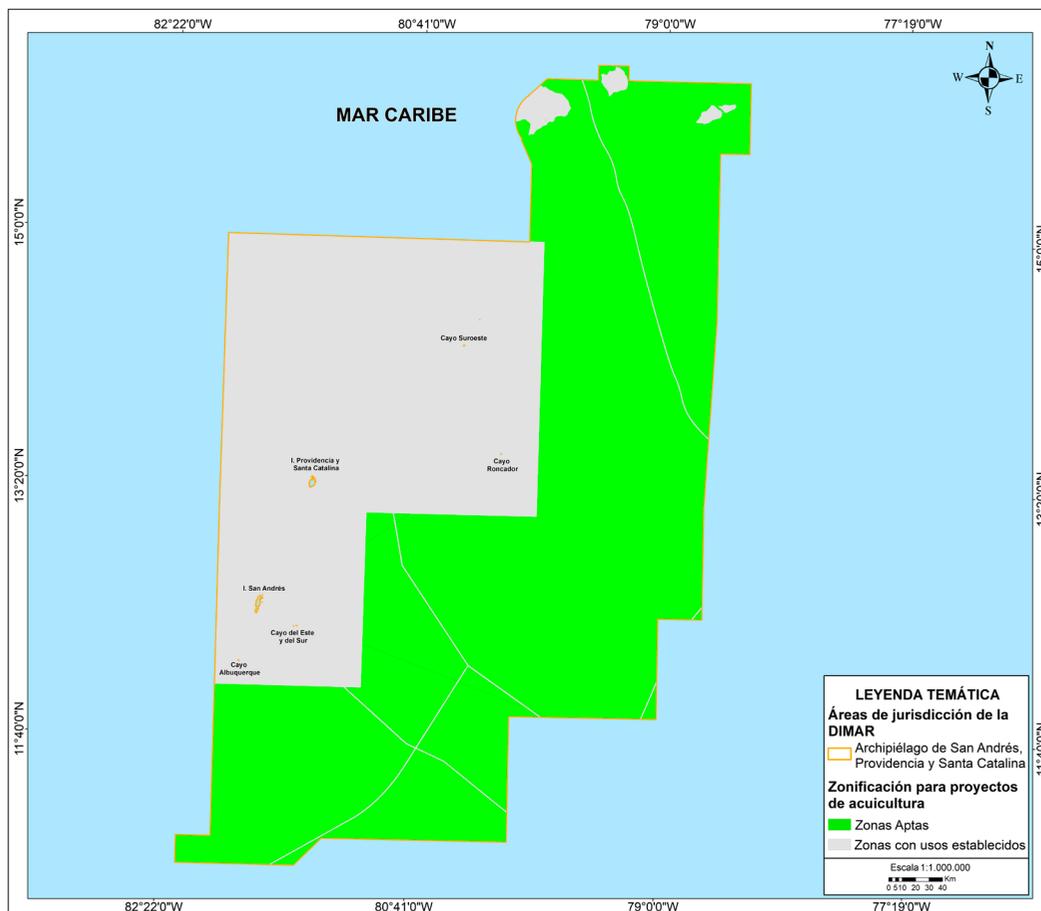


Figura 8. Mapa de localización de zonas aptas para el desarrollo de proyectos de acuicultura en la jurisdicción del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Parques eólicos. Los criterios utilizados para la ubicación óptima de parques eólicos fueron: profundidad, corrientes, altura de ola significativa, velocidad del viento a una altitud de 150 m con

respecto al nivel del mar, tipo y pendiente de fondo, además de los posibles efectos sobre los sedimentos (Tabla 5; Fig. 9).

Tabla 5. Criterios técnicos y ambientales empleados en el establecimiento de las zonas más adecuadas para el desarrollo de parques eólicos.

Criterios	Peso del criterio	Subcriterios	Peso del subcriterio	Categoría	*Peso ponderado	Fuente
Profundidad (P)	0.25	a) 0 m - 60 m	0.7	Apto	0.175	Usón, 2014; Fugro Marine GeoServices Inc., 2017; Vagiona y Kamilakis, 2018
		b) > 60 m	0.3	Medianamente apto	0.075	
Tipo de fondo marino	0.12	a) Arenosos	0.5	Apto	0.060	Boehlert y Gill, 2010; Prado, 2018; Xu <i>et al.</i> , 2020
		b) Fangos y limos	0.35	Medianamente apto	0.042	
Pendiente del fondo marino (Pf)	0.11	a) 0 % - 3 %	0.5	Apto	0.055	Malhotra, 2010; Xu <i>et al.</i> , 2020
		b) 3 % < x ≤ 12 %	0.35	Medianamente apto	0.038	
Velocidad de la corriente (Wc)	0.03	a) 0 - 1.75 m/s	0.7	Apto	0.021	Kapetsky <i>et al.</i> , 2013; González, 2007; Esteban, 2009; Loughney, Wang, Bashir, Armin y Yang, 2021
		b) > 1.75 m/s	0.3	Medianamente apto	0.009	
Altura de ola significativa (Hs)	0.04	a) 0 - 5 m	0.5	Apto	0.020	Loughney, <i>et al.</i> , 2021
		b) 5 m < Hs ≤ 8 m	0.35	Medianamente apto	0.014	
Velocidad del viento (V)	0.28	a) >8 m/s	0.8	Apto	0.224	Baban y Parry, 2001; Sesma, 2020
Destrucción directa	0.09	a) Sedimentos	0.5	Apto	0.045	Mariyasu, Allain, Benhalima y Claytor, 2004; Inger <i>et al.</i> , 2009; Wilhelmsson <i>et al.</i> , 2010
Generación de plumas de sedimentos	0.08	a) Arenas	0.6	Apto	0.048	NOAA, 2007; Vaselli, Bertocci, Maggi y Benedetti-Cecchi, 2008

**peso ponderado*=*peso del criterio* x *peso subcriterio*

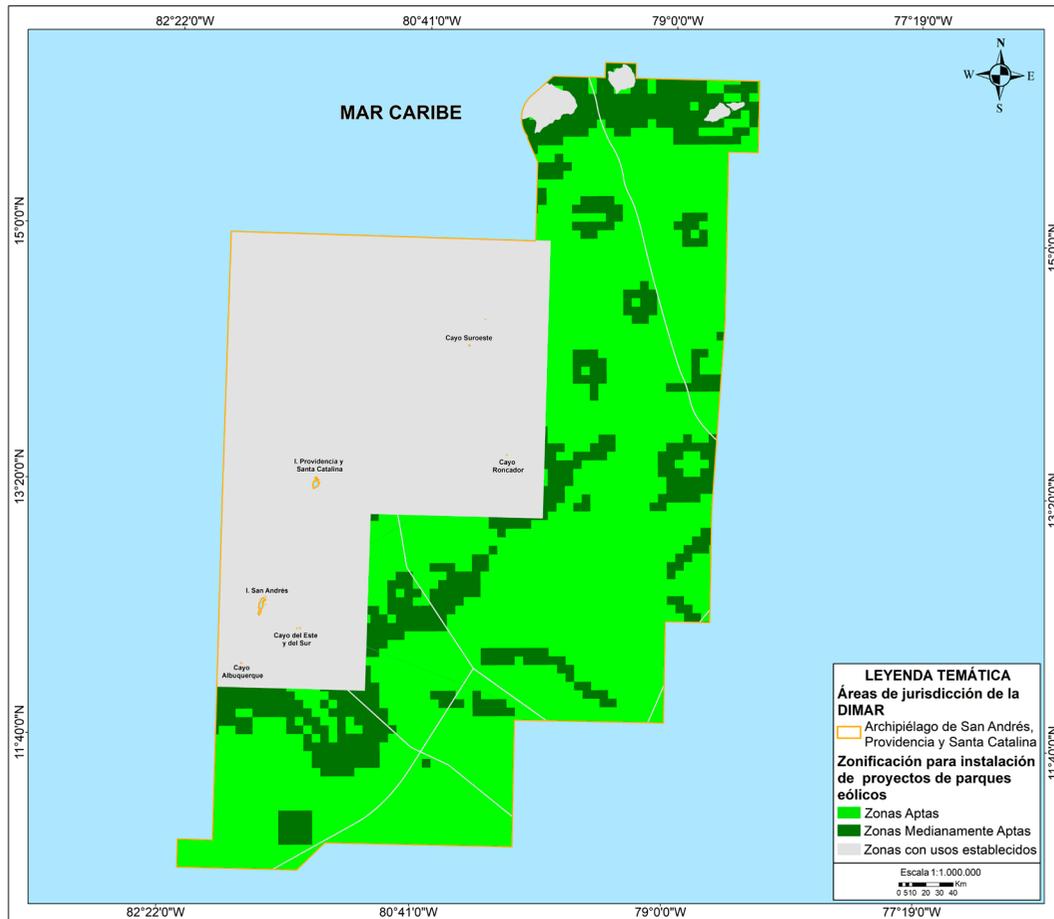


Figura 9. Mapa de localización de zonas aptas y medianamente aptas para el desarrollo de parques eólicos en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Cables submarinos. La determinación de las zonas aptas para el desarrollo futuro de cables submarinos se definió utilizando criterios y datos oceanográficos disponibles, pendiente y tipo de

fondo marino, periodo de oleaje, altura de ola significativa, corrientes, los posibles efectos sobre ecosistemas marino costeros y la generación de plumas de sedimentos (Tabla 6; Fig. 10).

Tabla 6. Criterios técnicos y ambientales empleados en el establecimiento de las zonas más adecuadas para el desarrollo de cables submarinos.

Criterios	Peso del criterio	Subcriterios	Peso del subcriterio	Categoría	*Peso ponderado	Fuente
Pendiente del fondo marino (Pf)	0.25	a) $Pf \leq 3 \%$	0.5	Apto	0.125	Carter et al. (2009), Álvarez (2017); Taormina, et al., (2018).
		b) $3 \% < Pf \leq 12 \%$	0.35	Medianamente apto	0.0875	
Tipo de fondo marino	0.20	a) Arenosos	0.5	Apto	0.1	Almazán, Palomino y García, (2000); Carter, et al. (2009); Worzyk (2009); Álvarez (2017)
		b) Fangos y limos	0.35	Medianamente apto	0.07	
Corrientes profundas (Wc)	0.10	a) $0 \text{ m/s} \leq Wc \leq 1.75 \text{ m/s}$	0.6	Apto	0.06	Carter et al. (2009); Cavia del Olmo (2009); Guande, Yancong, Peng, Chengkai, Xiaoli y Yang, (2013)
		b) $Wc > 1.75 \text{ m/s}$	0.4	Medianamente apto	0.04	

Criterios	Peso del criterio	Subcriterios	Peso del subcriterio	Categoría	*Peso ponderado	Fuente
Periodo de oleaje (T)	0.05	a) $T \leq 1.9$ s	0.5	Apto	0.025	Munk (1950) en Palomino, <i>et al.</i> , (2001); Carter, <i>et al.</i> (2009), y Cavia del Olmo (2009).
		b) 1.9 s < $T \leq 359$ s	0.35	Medianamente apto	0.0175	
Altura de ola significativa (Hs)	0.07	a) $H_s \leq 0.59$ m	0.5	Apto	0.035	Carter <i>et al.</i> , (2009) y Cavia del Olmo (2009)
		b) 0.59 m < $H_s \leq 6.9$ m	0.35	Medianamente apto	0.0245	
Destrucción directa	0.18	a) Sedimentos	0.5	Apto	0.09	Carter <i>et al.</i> (2009); Andrulewicz, Napierska y Otremba, (2002); Taormina <i>et al.</i> , (2018)
Generación de plumas de sedimentos	0.15	a) Arenas	0.6	Apto	0.09	Taormina <i>et al.</i> , (2018); OSPAR (2009); ESSO (2008); Newcombe y MacDonald (1991); Pinilla, Gutiérrez y Ulloa-Delgado (2007)

*peso ponderado=peso del criterio x peso subcriterio

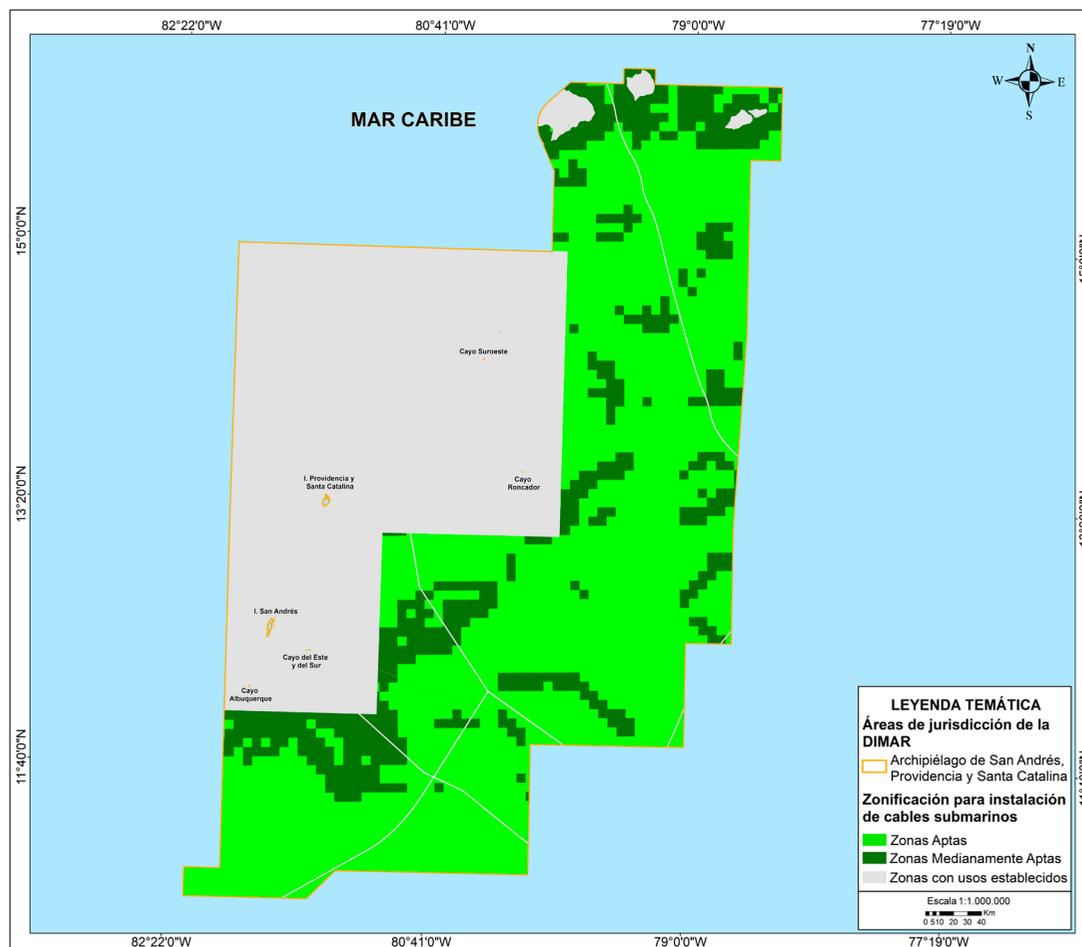


Figura 10. Mapa de localización de zonas aptas y medianamente aptas para la instalación de cables submarinos en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

COLOCALIZACIÓN

Este análisis se basó en la elaboración de una matriz cruzada entre pares de usos (acuicultura, marinas-embarcaderos, cables submarinos y parques eólicos), y tuvo en cuenta el promedio de los valores obtenidos de los criterios técnicos/ ambientales y las variables de eficiencia/eficacia

establecidas mediante juicio de expertos, para determinar si los dos usos se mejoran mutuamente, no interfieren el uno con el otro o se afectan negativamente, en donde valores cercanos a 1 indican mayor compatibilidad entre las actividades marítimas (Afanador-Franco *et al.*, 2022) (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis del nivel de compatibilidad de los usos evaluados.

Usos	Criterios técnicos y ambientales	Variables de eficiencia y eficacia	Promedio	Expresión de compatibilidad/ incompatibilidad
Acuicultura vs. parque eólico	0.080	0.750	0.415	Condicionamente incompatible
Acuicultura vs. cables submarinos	0.075	0.750	0.412	Condicionamente incompatible
Parque eólico vs. cables submarinos	0.100	1.000	0.550	Condicionamente compatible

Adicionalmente, teniendo en cuenta los dos escenarios establecidos, se realizó el cálculo del IPTD que refleja tanto el grado de tendencia de desarrollo para acuicultura, parques eólicos *offshore* y cables submarinos, como la representatividad entre cada par de usos (tablas

8 a 10 y figuras 11 a 13) (Afanador-Franco *et al.*, 2023; Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2020; Echeberría, 2020; GWEC, 2019, 2021; FAO, 2016, 2020; Research and Markets, 2020, 2022; TeleGeography, 2022).

Tabla 8. Índice de Priorización para la toma de decisiones bajo los escenarios sin pandemia y con pandemia para los usos de acuicultura y parques eólicos *offshore*.

Escenario	Uso/actividad	Tendencia de crecimiento (%)	Área total de las zonas aptas (km ²)	IPTD	IPTD Normalizado
Sin pandemia	Acuicultura zonas aptas	46 (FAO 2016, 2020)	101663.8963	0.4597	0.7302
	Parques eólicos <i>offshore</i> zonas Aptas	17 (GWEC, 2019)	79717.3333	0.1332	0.2116
	Parques eólicos <i>offshore</i> zonas medianamente aptas	17 (GWEC, 2019)	21933.91055	0.0367	0.0582
Con pandemia	Acuicultura zonas aptas	42 (FAO 2020).	101663.8963	0.4197	0.5834
	Parques eólicos <i>offshore</i> zonas aptas	30 (GWEC 2021).	79717.3333	0.2351	0.3267
	Parques eólicos <i>offshore</i> zonas medianamente aptas	30 (GWEC 2021).	21933.91055	0.0647	0.0899

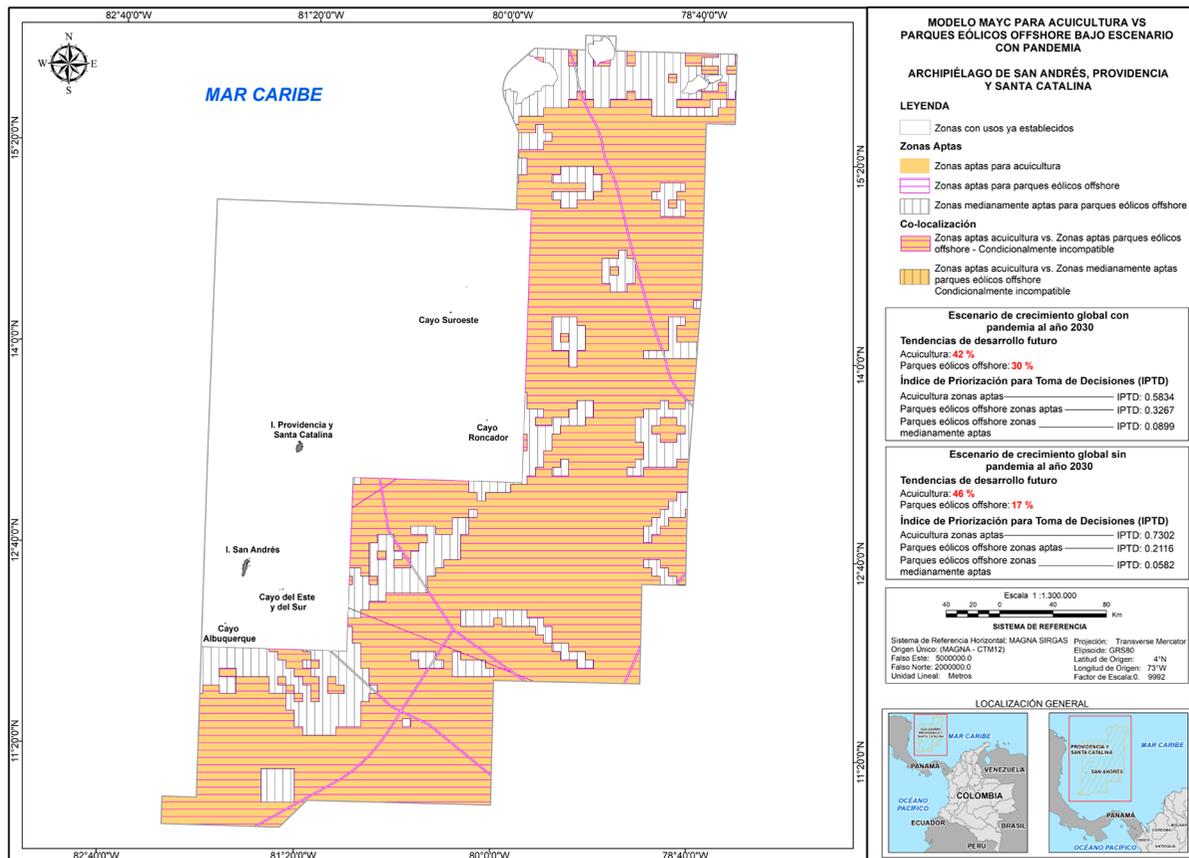


Figura 11. Mapa de condiciones futuras para acuicultura y parques eólicos *offshore* en el escenario con y sin pandemia del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tabla 9. Índice de Priorización para la toma de decisiones bajo los escenarios sin pandemia y con pandemia para los usos de acuicultura y cables submarinos.

Escenario	Uso/actividad	Tendencia de crecimiento (%)	Área total de las zonas aptas (km ²)	IPTD	IPTD Normalizado
Sin pandemia	Acuicultura zonas aptas	46 (FAO 2016, 2020).	101663.8963	0.4597	0.9350
	Cables submarinos zonas aptas	3.2 (Echeberría 2020; Research and Markets 2020).	80219.62134	0.0252	0.0513
	Cables submarinos zonas medianamente aptas	3.2 (Echeberría 2020; Research and Markets 2020).	21433.62719	0.0067	0.0137
Con pandemia	Acuicultura zonas aptas	42 (FAO 2020)	101663.8963	0.4197	0.8607
	Cables submarinos zonas aptas	6.8 (Research and Markets 2022; TeleGeography 2022).	80219.62134	0.0536	0.1100
	Cables submarinos zonas medianamente aptas	6.8 (Research and Markets 2022; TeleGeography 2022).	21433.62719	0.0143	0.0294

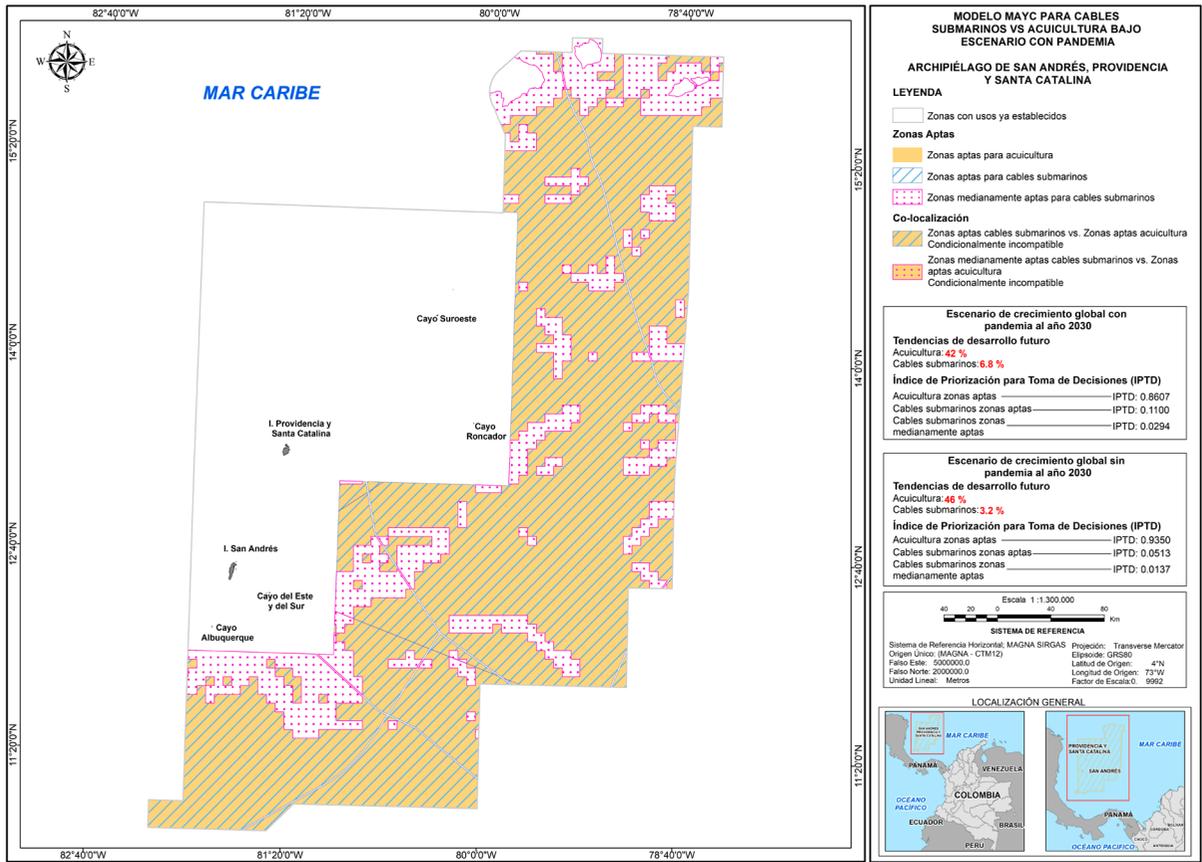


Figura 12. Mapa de condiciones futuras para acuicultura y cables submarinos en el escenario con y sin pandemia del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tabla 10. Índice de Priorización para la toma de decisiones bajo los escenarios sin pandemia y con pandemia para los usos de cables submarinos y parques eólicos offshore.

Escenario	Uso/actividad	Tendencia de crecimiento (%)	Área total de las zonas aptas (km ²)	IPTD	IPTD Normalizado
Sin pandemia	Cables submarinos zonas aptas	3.2 (Echeberría 2020; Research and Markets 2020).	80219.62134	0.0252	0.1250
	Cables submarinos zonas medianamente aptas	3.2 (Echeberría 2020; Research and Markets 2020).	21433.62719	0.0067	0.0334
	Parques eólicos offshore zonas aptas	17 (GWEC 2019).	79717.3333	0.1332	0.6600
	Parques eólicos offshore zonas medianamente aptas	17 (GWEC 2019).	21933.91055	0.0367	0.1816

Escenario	Uso/actividad	Tendencia de crecimiento (%)	Área total de las zonas aptas (km ²)	IPTD	IPTD Normalizado
Con pandemia	Cables submarinos zonas aptas	6.8 (Research and Markets 2022; TeleGeography 2022).	80219.62134	0.0536	0.1458
	Cables submarinos zonas medianamente aptas	6.8 (Research and Markets 2022; TeleGeography 2022).	21433.62719	0.0143	0.0390
	Parques eólicos offshore zonas aptas	30 (GWEC 2021).	79717.3333	0.2351	0.6393
	Parques eólicos offshore zonas medianamente aptas	30	21933.91055	0.0647	0.1759

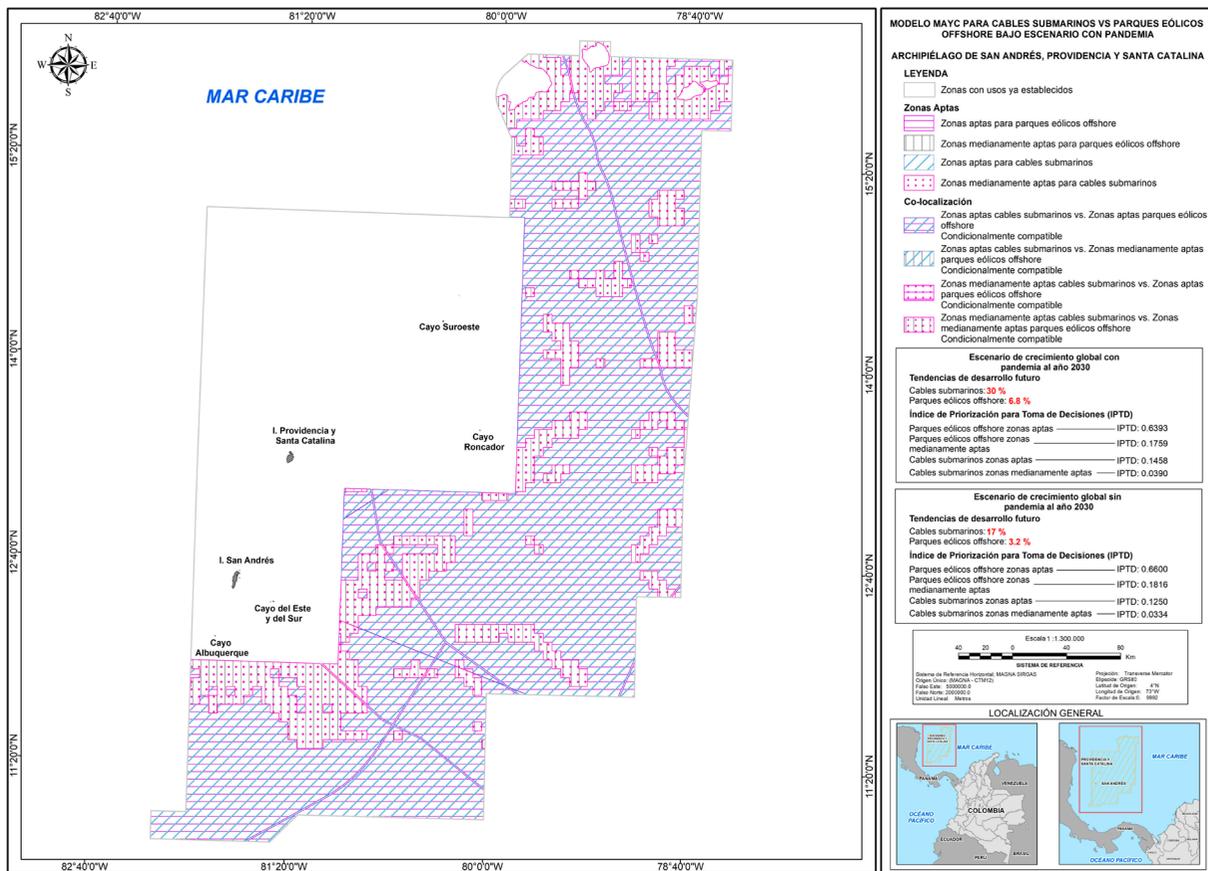


Figura 13. Mapa de condiciones futuras para cables submarinos y parques eólicos offshore en el escenario con y sin pandemia del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

DISCUSIÓN

En los últimos 20 años la mitad de los lugares del mundo con zonas marino-costeras han implementado la Planificación Espacial Marina como una herramienta para la gestión de estos espacios, con el fin de buscar un equilibrio entre la conservación de los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico. En Colombia la Dimar, teniendo como base la PEM, ha implementado su metodología con un enfoque cuantitativo en diferentes áreas geográficas; sin embargo, se ha evidenciado que en países subdesarrollados e islas pequeñas estos procesos se ven afectados por factores como el cambio climático, los desastres naturales y, principalmente, la falta de información espacial relacionada con aspectos culturales, económicos, ecológicos y sociales (Ban, Hansen, Jones y Vincent, 2009; Ehler, 2021; Mead, 2021). Asimismo, algunas zonas insulares pueden llegar a tener un área marina mucho mayor que su parte terrestre, lo que dificulta la gestión de los recursos marinos (Jumeau, 2013).

Aunque en las islas pequeñas los avances en la PEM son pocos, por las diferentes limitaciones, en algunas islas del Caribe como República Dominicana, Santa Lucía, las islas Granadinas, Barbuda, Montserrat, Saint Kitts y Nevis, se ha implementado teniendo progresos significativos en la última década (Flower *et al.*, 2019; Mahadeo, 2022; Pomeroy, Baldwin y Mc. Conney, 2014; Programa Ambiental del Caribe, 2019; Díaz-Romero, Domínguez-Tejo y Schill, 2012; The Nature Conservancy, 2012); asimismo, en islas de Asia, la Polinesia Francesa y el Reino Unido, entre otros (André, Van Wynsberge, Chinain, Gatti, Liao y Andréfouët, 2022; Hardman *et al.*, 2022; Sujadmi y Murtasidin, 2020), han aplicado estos instrumentos de planificación que pueden llegar a ser referente para las demás zonas insulares.

En general, a nivel mundial, las actividades económicas que se desarrollan en zonas insulares están relacionadas principalmente con el sector turístico y pesquero (André *et al.*, 2022; Flower *et al.*, 2019; Pratt, 2015); sin embargo, debido a las limitaciones propias de estos espacios insulares la economía depende de inversiones externas y de las actividades que se desarrollan principalmente en el espacio marino (André *et al.*, 2022; Flower *et al.*, 2019; Greenhill y Pro, 2018; Pratt, 2015). El archipiélago de San Andrés, Providencia y

Santa Catalina no es la excepción, en razón a que es considerado uno de los principales destinos turísticos de Colombia y su economía gira alrededor de esta actividad, así como de la pesca y el comercio (Aguilera-Díaz, 2016).

Adicionalmente, parte del territorio marítimo del archipiélago está protegido bajo las figuras de 'área marina protegida', 'parque nacional natural' y 'parque nacional regional', con gran variedad de ecosistemas que proporcionan servicios como: alimentación, recreación, protección costera, entre otros. Sin embargo, de acuerdo con el análisis del OMC:VAM se identificó que estas áreas presentan un alto grado de conflicto con usos como la pesca artesanal, playas con vocación turística, rellenos, dragados y obras de ingeniería oceánica, debido a que sus regulaciones limitan el desarrollo de estas actividades (Coralina, 2018; Sánchez, 2012).

Pese a las actividades marítimas que se desarrollan actualmente en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, uno de los retos del OMC:VAM es identificar el potencial de nuevos usos/actividades y establecer si las características físicas y ambientales del área marina son las adecuadas para su funcionamiento (Afanador-Franco *et al.*, 2022, 2023), aportando a la diversificación de la economía y al mejoramiento de las condiciones de la población.

Teniendo en cuenta lo anterior, actividades como la acuicultura, parques eólicos y cables submarinos presentan una alta tendencia de crecimiento al año 2030, por su importancia en cuanto a la seguridad alimentaria, generación de energías limpias y la prestación de servicios de telecomunicación (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2020; Echeberría, 2020; FAO, 2016, 2020; GWEC, 2019, 2021; Research and Markets, 2020, 2022; TeleGeography, 2022). En el archipiélago no se llevan a cabo proyectos de acuicultura (Merino, Bonilla y Bages, 2013), sin embargo, de acuerdo a Hortúa (2013) y a los resultados correspondientes a las zonas aptas obtenidas en este estudio, se considera que el área tiene un potencial alto para su desarrollo; aun así, es posible que la normatividad vigente, la falta de investigación e inversión, tanto del sector privado como público, sumado a los costos de transporte, construcción y funcionamiento no han permitido la ejecución de esta actividad en estas

islas (Decreto N°. 2668 de 2012, Gobernación Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2020; Greenhill y Pro, 2018; Merino *et al.*, 2013; Sarmiento-Guerrero, Pérez-Walteros, 2021).

Con respecto a los parques eólicos *offshore*, en Colombia, solo hasta el año 2022 se establecieron los lineamientos para la asignación de áreas en los departamentos de Bolívar y Atlántico (Resolución N°. 40284 de 2022), por lo que todavía no existen estos tipos de proyectos. En el archipiélago el suministro de energía tiene una cobertura total; no obstante, depende principalmente de combustibles fósiles que producen una alta contaminación atmosférica (aproximadamente 134 mil toneladas de CO₂ al año), por lo que se ha evidenciado un esfuerzo hacia la generación de energías limpias. Prueba de ello es el resultado de este estudio que indica que existe un área de 79 717.33 km² de zonas aptas (condiciones físicas y ambientales) que corresponden al 48.02 % del total del área, y los estudios que señalan el potencial de energía eólica en San Andrés, identificando un posible ahorro del 8 % de las emisiones de CO₂ que actualmente emite la isla (BID, 2016; Grueso-López, 2022). Igualmente, se han adelantado estudios para el aprovechamiento del recurso eólico y solar coordinados por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), destacando una propuesta de energía eólica que se encuentra en la etapa de viabilidad técnica (Matiz-Chicacausa *et al.*, 2016; SENA, 2013); sin embargo, la construcción de estos proyectos a gran escala y en zonas aisladas podría tener costos muy altos que dificultan su ejecución (BID, 2016; Gómez, 2022).

En cuanto a cables submarinos, antes del año 2020 el archipiélago contaba con uno solo (San Andrés Isla Tolú Submarine Cable - SAIT) y se presentaban problemas de conectividad, principalmente asociados a la saturación de la red y a las características limitantes para la instalación de nuevos cables como la ubicación geográfica, los altos costos de infraestructura y transporte (Martínez, 2017; MinTIC, 2020); sin embargo, a partir del año 2020, después de huracán IOTA, se instaló un nuevo cable submarino (America Movil Submarine Cable System-1, AMX-1) que generó un avance en materia de telecomunicaciones, aumentado la conexión nacional e internacional que la posiciona como la segunda más rápida del país (El Tiempo, 2023). Aunque no se

tiene proyectado a corto plazo la instalación de más cables, de acuerdo con los resultados del OMC:VAM, el área cuenta con 80 219.62 km² de zonas que cumplen con las condiciones físicas y ambientales para el tendido de nuevos cables submarinos, que corresponden al 48.32 % del archipiélago.

Además de identificar las actividades con mayor potencial de crecimiento en los escenarios propuestos por la Dimar, el OMC:VAM permite definir si se pueden desarrollar en un mismo espacio geográfico y establecer si el desarrollo de una afecta a la otra, teniendo en cuenta un análisis de colocación, que determina la compatibilidad/incompatibilidad entre ellas (Afanador-Franco *et al.*, 2022, 2023). En las áreas insulares que por su ubicación geográfica tienen menos accesibilidad, servicios públicos limitados, poca seguridad alimentaria, entre otros, el desarrollo de actividades marítimas a gran escala puede generar costos elevados, lo cual puede limitar la inversión tanto del sector público como privado, afectando la calidad de vida de la población (André *et al.*, 2022; Gómez, 2022; Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", 2020). Por lo anterior, es importante una gestión adecuada de estos espacios, de tal manera que se pueda identificar cuáles usos/actividades pueden ser más eficientes y eficaces en una misma área (Afanador-Franco *et al.*, 2022, 2023).

Para el archipiélago se identificó que los proyectos de acuicultura no se pueden desarrollar con cables submarinos ni con parques eólicos *offshore*, principalmente, por los daños accidentales que se pueden presentar (Afanador-Franco *et al.*, 2022, 2023; Cardia *et al.*, 2017; Meindl, 1996; Queensland Government 2019; Rojo, 2016). Mientras que parques eólicos, al ser condicionalmente compatibles con cables submarinos, se podrían ejecutar bajo ciertos acuerdos entre las partes interesadas, ya que hay intereses comunes como la seguridad, el acceso y los procesos de instalación, mantenimiento y operaciones en el lecho marino; sin embargo, deben tenerse en cuenta sus restricciones (Afanador-Franco *et al.*, 2022, 2023; European Commission, s.f.; ESCA, 2016; ICPC, 2013). Adicionalmente, en caso de que se presenten solicitudes de estas tres actividades en una misma área, de acuerdo con el valor del IPTD propuesto por la Dimar, la acuicultura debería

priorizarse con respecto a las otras dos, por tener mayor tendencia de crecimiento y área adecuada para su funcionamiento (Afanador-Franco, Molina-Jiménez, Pusquín-Ospina, Barrientos, Banda-Lepesquer y Castro-Mercado, 2023).

Finalmente, el reto del OMC:VAM, al ser un proceso continuo y adaptable a las condiciones de los espacios marino-costeros, es incluir el cambio climático en los escenarios de desarrollo futuro al año 2050 en el territorio nacional, reconociendo su importancia y efectos en la planificación de las actividades marítimas y los recursos naturales (Cepal, 2019).

CONCLUSIONES

El OMC:VAM es una contribución de la Dimar para la gestión de las actividades marino-costeras que se desarrollan en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, ya que se analizaron sus condiciones actuales y futuras, evidenciando conflictos, compatibilidades y zonas adecuadas para el establecimiento de nuevas actividades.

En el área del archipiélago, en la matriz cruzada de compensación por parejas se analizaron en total 1 444 cruces entre los 38 usos/actividades identificadas, de los cuales 288 corresponden a zonas en donde hay superposición con conflictos, 180 son zonas de superposición de usos, pero sin conflicto, y 976 casos en los que no existe superposición entre usos/actividades.

Asimismo, mediante la zonificación por índice de conflicto se establecieron las áreas con niveles altos, medios y bajos de conflictos, dependiendo de los pesos asignados desde la matriz normalizada de compensación por parejas. Indicando que los usos/actividades marítimas con mayor índice de conflicto corresponden a áreas restringidas, área marina protegida, zona de pesca artesanal, playas con vocación turística y corales

Las actividades marítimas con más conflictos identificados a partir de las superposiciones para el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina corresponden a zona de pesca artesanal, áreas restringidas, área marina protegida, pastos marinos y corales.

La aplicación de la metodología MAYC se llevó a cabo en las zonas libres de usos/actividades, las

cuales representan el 61.24 % del área de estudio, identificando las zonas aptas para acuicultura (61.24 %), parques eólicos (48.02 %) y cables submarinos (48.32 %).

El modelo de Colocalización permitió establecer que en las zonas donde se superponen los usos/actividades de acuicultura vs. parques eólicos o cables submarinos, solo se puede desarrollar uno de los dos. Adicionalmente, en los casos en que se presenten propuestas de cables submarinos con parques eólicos y se superpongan, las partes interesadas deben llegar a acuerdos para ejecutar sus proyectos con el mínimo de conflictos.

El IPTD en los dos escenarios de desarrollo futuro para el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina sugiere que se debe priorizar el uso de acuicultura respecto a parques eólicos y cables submarinos, debido a que tiene una mayor tendencia de crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Dimar por el apoyo y financiación de la presente investigación, enmarcada dentro del programa 'Gestión de los litorales colombianos' del proyecto 'Planificación y ordenamiento de los litorales y áreas marinas colombianas'.

BIBLIOGRAFÍA

- Afanador-Franco, F.; Molina-Jiménez, M. P.; Pusquín-Ospina, L.T.; Escobar-Olaya, G. A.; Castro-Mercado, I. F. (2019). Conflictos de uso en el Proceso de Ordenamiento Marino Costero: Visión de Autoridad Marítima. Departamento de Bolívar - Colombia. *Bol. Cient. CIOH*, 38(1), 27-40. <https://doi.org/10.26640/22159045.2019.507>
- Afanador-Franco, F.; Molina-Jiménez, M. P.; Pusquín-Ospina, L. T.; Guevara-Cañas, N.; González-Bustillo, M. J.; Martínez-Uparela, K. I.; Banda-Lepesquer, C.; Escobar-Olaya, G. A.; Castro-Mercado, I. F. (2021). Coastal Marine Planning: Vision of the Maritime Authority. Case of the Department of Bolívar-Colombia. *Revista Costas*, 2, 137-164. <https://doi.org/10.26359/costas.e0721>
- Afanador-Franco, F.; Molina-Jiménez, M. P.; Pusquín-Ospina, L. T.; González-Bustillo,

- M. J.; Banda-Lepesquer, C.; Berrío-Reyes, Y.; Escobar-Olaya, G. A.; Castro-Mercado, I. F. (2022). Modelo de asignación y colocalización de actividades marítimas para el ordenamiento marino costero en el departamento de Bolívar, Colombia. Colombia. *Bol. Cient. CIOH*, 41(2), 29-57. <https://doi.org/10.26640/22159045.2022.600>
- Afanador-Franco, F.; Molina-Jiménez, M. P.; Pusquín-Ospina, L. T.; Barrientos, N. S.; Banda-Lepesquer, C.; Castro-Mercado, I. F. (2023). Zonificación de actividades marítimas bajo escenarios de desarrollo futuro en los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba, Colombia. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 36(3), 289-322. <https://doi.org/10.47193/mafis.3632023010908>
- Aguilera-Díaz, M. (2016). *Geografía económica del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Banco de la República. <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-133.pdf>
- Aldana, O.; Hernández, A. (2016). *La planificación espacial marina: marco operativo para conservar la diversidad biológica marina y promover el uso sostenible del potencial económico de los recursos marinos en el Caribe*. Instituto de Oceanología. https://cyted.org/assets/img/publicacao/4/2016.2._planificacion_espacial_marina_aldana_y_hernandez-zanuy_2016.pdf
- Almazán, J.; Palomino, M.; García, J. (2000). *Instalaciones off-shore para carga y descarga de hidrocarburos. Monoboyas y campos de boyas*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Instalaciones%20off-shore%20para%20carga%20y%20descarga%20de%20hidrocarburos.%20Monoboyas%20y%20campos%20de%20boyas.pdf>
- Álvarez, R. (2017). Cable Submarino, Conexión DWDM entre continentes. Tesis de pregrado. Universidad Politécnica de Madrid.
- André, L. V.; Van Wynsberge, S.; Chinain, M.; Gatti, C. M. I.; Liao, V.; Andréfouët, S. (2022). Spatial solutions and their impacts when reshuffling coastal management priorities in small islands with limited diversification opportunities. *Sustainability*, 14(7), 3871. <https://doi.org/10.3390/su14073871>
- Andrzejewicz, E.; Napierska, D.; Otremba, Z. (2002). The environmental effects of installation and functioning of the submarine SwePol Link HVDC transmission line: a case study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, 49, 337-345. [https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(03\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(03)00020-0)
- Arias, C.; Duffis, K. (2017). *Sistema eléctrico insular con penetración de energías no convencionales: San Andrés*. Manglar. Uninorte. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/7763>
- Asociación Colombiana de Viajes y Turismo. (2023). *Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina deslumbrará en la 42 vitrina turística de Anato 2023*. Anato. ORG. <https://anato.org/noticias/archipelago-de-san-andres-providencia-y-santa-catalina-deslumbrara-en-la-42-vitrina-turistica-de-anato>
- Asomovil. (2021). *Avances de la conectividad en San Andrés y Providencia*. <https://www.asomovil.org/avances-de-la-conectividad-en-san-andres-y-providencia/>
- Baban, S. M.; Parry, T. (2001). Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *Renewable Energy*, 24(1), 59-71. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00169-5](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00169-5)
- Ban, N. C.; Hansen, G. J.; Jones, M.; Vincent, A. C. (2009). Systematic marine conservation planning in data-poor regions: socioeconomic data is essential. *Marine Policy*, 33(5), 794-800. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.02.011>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). *Hacia la sostenibilidad eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: análisis de alternativas*. BID. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Hacia-la-sostenibilidad-el%C3%A9ctrica-en-el-Archipi%C3%A9lago-de-San-Andr%C3%A9s-Providencia-y-Santa-Catalina-Colombia-An%C3%A1lisis-de-alternativas.pdf>
- Boehlert, G.; Gill, A. (2010). Environmental and Ecological Effects of Ocean Renewable Energy Development-A Current Synthesis. *Oceanography*, 23(2), 68-81. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2010.46>

- Boyd, C. E. (1995). Bottom soils, sediment, and pond aquaculture. *Springer Science & Business Media*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1785-6>
- Cardia, F.; Ciattaglia, A.; Corner, R. A. (2017). *Guidelines and criteria on technical and environmental aspects of cage aquaculture site selection in the Kingdom of Saudi Arabia*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://repository.oceanbestpractices.org/bitstream/handle/11329/1616/i6719e.pdf?sequence=1&isAllowed=y1>
- Carroll, M. L.; Cochrane, S.; Fieler, R.; Velvin, R.; White, P. (2003). Organic enrichment of sediments from salmon farming in Norway: environmental factors, management practices, and monitoring techniques. *Aquaculture*, 226(1-4), 165-180. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00475-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00475-7)
- Carter, L.; Burnett, D.; Drew, S.; Marle, G.; Hagadorn, L.; Bartlett-McNeil, D.; Irvine, N. (2009). Submarine Cables and the Oceans-Connecting the World. UNEP-WCMC. *Biodiversity Series* N°. 31. ICPC/UNEP/UNEP-WCMC. https://www.researchgate.net/publication/286143047_Submarine_cables_and_the_oceans_Connecting_the_world
- Carvajal, A. (2009). Caracterización físico-biótica del litoral del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. En: Dirección General Marítima (Ed.), *Caracterización físico-biótica del litoral Caribe colombiano*. (Tomo I, Vol. 1).
- Cavia del Olmo, B. (2009). *Explotación del potencial de energía del oleaje en función del rango de trabajo de prototipos captadores*. Tesis de grado. Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. <http://hdl.handle.net/2099.1/8720>
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. (2010). *Reporte Climatología de los principales puertos del Caribe colombiano-San Andrés y Providencia*. CIOH.
- Christie, N.; Smyth, K.; Barnes, R.; Elliott, M. (2014). Co-location of activities and designations: ¿A means of solving or creating problems in marine spatial planning? *Marine Policy*. 43, 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.06.002>
- Comisión Colombiana del Océano. (s. f.). *Reserva de biósfera Seaflower Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia*. <http://cco.gov.co/cco/publicaciones/83-publicaciones/261-mapa-reserva-de-biósfera-seaflower.html>
- Comisión Colombiana del Océano. (2015). *Aportes al conocimiento de la reserva de biósfera Seaflower. Comisión Colombiana del Océano*. CCO.
- Comisión Colombiana del Océano. (2018). *Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros (Pnoec)*. CCO.
- Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2020). *Documento de Consulta Observatorio de Inversión en Telecomunicaciones de la CRC*. https://cocom.gov.co/system/files/Proyectos%20Comentarios/2000-38-2-1/Propuestas/200428_dto_observatorio_de_inversion.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). *Planificación para el desarrollo territorial sostenible en América Latina y el Caribe* (LC/CRP.17/3). Cepal. <https://repositorio.cepal.org/bitstreams/382c3038-a88d-4f29-aaf7-5c08bb1b2faf/download>
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (2018). *Actualización Plan de Manejo Ambiental del Parque Natural Regional "JOHNNY CAY REGIONAL PARK" 2019-2023*. Coralina. <https://runapadmin.parquesnacionales.gov.co/default/general/descargarplan?pid=458>
- COWI; Ernst Young. (2013). *Study to support Impact Assessment of Marine Knowledge 2020*. https://maritime-forum.ec.europa.eu/document/download/c3da0e84-47e3-4823-b50a-500790dd0c72_en?filename=Marine%20Knowledge%20IA%20Study_Final%20report_03.04.13.pdf
- Dagua, C.; Torres, R.; Monroy, J. (2018). Condiciones oceanográficas de la reserva de biósfera Seaflower 2014-2016. *Bol. Cient. CIOH* (37):53-74. <https://doi.org/10.26640/22159045.449>

- De Groot, R.; Wilson, M.; Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. 41, 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Decreto Ley N°. 2324 de 1984. (18 de septiembre). *Por el cual se reorganiza la Dirección General Marítima y Portuaria*. Ministerio de Defensa Nacional.
- Decreto N°. 5057 de 2009. (30 de diciembre). *Por el cual se modifica parcialmente la estructura del Ministerio de Defensa Nacional-Dirección General Marítima y se dictan otras disposiciones*. Ministerio de Defensa Nacional.
- Decreto N°. 1946 de 2013. (09 de septiembre). *Por medio del cual se reglamentan los artículos 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° y 9° de la Ley 10 de 1978, y 2° y 3° de la Ley 47 de 1993 en lo concerniente al mar territorial, la zona contigua, algunos aspectos de la plataforma continental de los territorios insulares colombianos en el mar Caribe occidental y a la integridad del departamento archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Presidencia de la República de Colombia.
- Decreto N°. 2668 de 2012. (21 de diciembre). *Por el cual se reglamentan los artículos 36 a 38 de la Ley 915 de 2004, por la cual se dictó el Estatuto Fronterizo para el Desarrollo Económico y Social del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020a). *Documento Consejo Nacional de Política Económica y Social. Conpes 3990*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3990.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2020b). *Política General de Ordenamiento Territorial (PGOT)*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3990.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-03-17-bases-plan-nacional-desarrollo-web.pdf>
- Díaz, J. M. (2005). Esquemas espaciales de zonación ecológica y morfología de las lagunas de los atolones y complejos arrecifales de un archipiélago oceánico del Caribe: San Andrés y Providencia (Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 29, 357-369. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2019.00038/full> [https://doi.org/10.18257/raccefyn.29\(112\).2005.2170](https://doi.org/10.18257/raccefyn.29(112).2005.2170)
- Díaz-Romero, T.; Domínguez-Tejo, E.; Schill, S. (2012). Zonificación Basada en Ecosistemas en la Bahía de Samaná, República Dominicana. *Proceedings of the 65th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 65.128-135. https://www.researchgate.net/publication/275949153_Zonificacion_Basada_en_Ecosistemas_en_la_Bahia_de_Samana_Republica_Dominicana
- Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. (2013). *Atlas Geomorfológico del Litoral Caribe Colombiano*. Dimar-CIOH. Dirección General Marítima.
- Dirección General Marítima de Colombia. (2022). *Plan Estratégico de Desarrollo 2042*. https://cecoldodigital.dimar.mil.co//3422/1/420_DIMAR.pdf
- Echeberría, R. (2020). *Infraestructura de Internet en América Latina: puntos de intercambio de tráfico, redes de distribución de contenido, cables submarinos y centros de datos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal).
- Ehler, C. (2021). Two decades of progress in Marine Spatial Planning. *Marine Policy*. 132. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104134>
- Ehler, C. N.; Douvère, F. (2009). *Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management*. UNESCO. <https://doi.org/10.25607/obp-43>
- El Tiempo. (2023, 15 de septiembre). San Andrés tiene el segundo Internet más rápido de Colombia. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/mas-contenido/san-andres-segundo-departamento-con-mejor-velocidad-de-descarga-de-internet-809234>

- ESSO. (2008). *Offshore impact assessment*. PNG LNG Project. https://pnglng.com/media/PNG-LNG-Media/Files/Environment/EIS/eis_appendix11.pdf.
- Esteban, M. D. (2009). *Propuesta de una metodología para la implantación de parques eólicos offshore*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- European Commission. (s. f.). *Conflict fiche 2: Cables / pipelines and commercial fisheries / shipping*. European MSP Platform. https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/2_cables_fisheries-revised_0.pdf
- European Subsea Cables Association. (2016). *Guideline N°. 6 – The Proximity of Offshore Renewable Energy Installations and Submarine Cable Infrastructures*. ECSA. <https://www.escaeu.org/download/?Id=123>
- Flower, J.; Ramdeen, R.; Estep, A.; Thomas, L. R.; Francis, S.; Goldberg, G. ... y Lester, S. E. (2019). Marine spatial planning on the Caribbean Island of Montserrat: Lessons for data-limited small islands. *Conservation Science and Practice*: 2(4), e158. <https://doi.org/10.1111/csp2.158>
- Fugro Marine GeoServices, Inc. (2017). *Geophysical and Geotechnical Investigation Methodology Assessment for Siting Renewable Energy Facilities on the Atlantic OCS*. US Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Office of Renewable Energy Programs, Herndon. OCS Study BOEM 2017- 049. <https://www.boem.gov/sites/default/files/environmental-stewardship/Environmental-Studies/Renewable-Energy/G-and-G-Methodology-Renewable-Energy-Facilities-on-the-Atlantic-OCS.pdf>
- Gallego-Cosme, M. (2014). La planificación y gestión territorial integral en islas pequeñas como herramienta de reducción de riesgos naturales. *Revista ABRA*, 34(48), 1-18. <http://dx.doi.org/10.15359/abra.34-48.1>
- Geister, J.; Díaz, J. (2007). *Ambientes Arrecifales y Geología de un Archipiélago oceánico: San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Mar Caribe, Colombia) con guía campo*. Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas).
- Global Wind Energy Council. (2019). *Global wind report 2019*. GWEC. https://gwec.net/wp-content/uploads/2020/08/Annual-Wind-Report_2019_digital_final_2r.pdf
- Global Wind Energy Council. (2021). *Global wind report 2021*. GWEC. <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>
- Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (s. f.). *Plan Departamental de gestión del riesgo, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/383/PDGR%20San%20Andres.pdf>
- Gobernación del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (2019). *Anuario Estadístico 2018*. <https://www.sanandres.gov.co/index.php/gestion/planeacion/plan-de-desarrollo/estadisticas/10909-anuario-estadistico-2018/file>
- Gobernación del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (2020). *Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023*. <https://sanandres.gov.co/index.php/gestion/planeacion/plan-de-desarrollo/plan-de-desarrollo-anuales/11524-plan-de-desarrollo-todos-por-un-nuevo-comienzo-2020-2023/file>
- Gobernación Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (2021). *Anuario Estadístico 2021*. <https://www.sanandres.gov.co/index.php/gestion/planeacion/publicaciones/16599-anuario-estadistico-2021/file>
- Gómez, O. (2022). *Sustitución actual de generación de energía eléctrica a base de diesel a partir de FNCE para San Andrés islas*: Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana.
- González, J. (2007). *El potencial energético útil de las corrientes marinas en el estrecho de Gibraltar*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.
- Greenhill, L.; Pro, S. (2018). *Workshop Report Maritime Spatial Planning for Islands: Las Palmas de Gran Canaria – Spain*. <https://>

- maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/20181101_msp_for_islands_report.pdf.
- Grueso-López, N. (2022). *Anteproyecto de un Parque Eólico en la isla de San Andrés, Colombia financiado parcialmente por la comunidad local*. Tesis de maestría. Universidad de Barcelona.
- Guande, L.; Yancong, L.; Peng, Y.; Chengkai, L.; Xiaoli, M.; Yang, Q. (2013). Impacts of ocean current and seabed friction on the picking-up and laying-down processes of oil and gas pipelines. *Petroleum Exploration and Development*, 40(1), 119-125. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(13\)60013-0](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(13)60013-0)
- Handy, R. D.; Poxton, M. G. (1993). Nitrogen pollution in mariculture: toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish. *Rev. Fish Biol. Fish.* 3, 205-241. <https://doi.org/10.1007/BF00043929>
- Hardman, E. Thomas, H. L. Baum, D. Clingham, E. Hobbs, R. Stamford, T. ... y Smith, N. (2022). Integrated marine management in the United Kingdom overseas territories. *Frontiers in Marine Science*, 8, 643729. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.643729>
- Herbeck, L. S.; Unger, D.; Wu, Y.; Jennerjahn, T. C. (2013). Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fishponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China. *Continental Shelf Research*, 57, 92-104. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.05.006>
- Hortúa, N. (2013). *Zonificación de la Acuicultura Nacional*. <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/Zonificaci%C3%B3n-de-la-Acuicultura-en-Colombia.pdf>
- Idárraga-García, J.; León-Rincón, H. A. (2019). Unraveling the Underwater Morphological Features of Roncador Bank, Archipelago of San Andres, Providencia and Santa Catalina (Colombian Caribbean). *Front. Mar. Sci.* 6:77. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00077>.
- Idárraga-García, J.; García-Varón, J.; León-Rincón, H. A. (2021). Submarine geomorphology, tectonic features and mass wasting processes in the archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina (western Caribbean). *Marine Geology*, 435. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106458>
- Inger, R.; Attrill, M. J.; Bearhop, S.; Broderick, A. C.; James Grecian, W., Hodgson, D. J.; ...; Godley, B. J. (2009). Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of applied ecology*, 46(6), 1145-1153. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01697.x>
- International Cable Protection Committee. (2013). *ICPC Recommendation N°. 13: The Proximity of Offshore Renewable Wind Energy Installations and Submarine Cable Infrastructure in National Waters*. ICPC. https://downloads.regulations.gov/BOEM-2022-0009-0193/attachment_1.pdf
- Ivars, A. (2017). *Diseño de una jaula flotante para el engorde del pescado en el golfo de Cádiz*. <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/19146/911351.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jumeau, R. (2013). *Small island developing states, large ocean states*. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1772Ambassador%20Jumeau_EGM%20Oceans%20FINAL.pdf.
- Kapetsky, J. M.; Aguilar, J.; Jenness, J. (2013). *A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective*. FAO fisheries and aquaculture technical paper, (549), I. <https://www.fao.org/4/i3100e/i3100e.pdf>
- López, J.; Ruiz, W. (2015). *Manual de construcción y manejo de jaulas flotantes para la maricultura del Ecuador*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2664.2647>.
- Loughney, S.; Wang, J.; Bashir, M.; Armin, M.; Yang, Y. (2021). *Development and application of a multiple-attribute decision-analysis methodology for site selection of floating offshore wind farms on the UK Continental Shelf*. Sustainable Energy Technologies and Assessments. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101440>
- Maguire, B.; Potts, J.; Fletcher, S. (2012). The role of stakeholders in the marine planning process—Stakeholder analysis within the Solent, United

- Kingdom. *Marine Policy*, 36(1), 246-257. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2011.05.012>
- Mahadeo, S. (2022). Marine spatial planning in the Eastern Caribbean: Trends and progress. *Marine Policy*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105277>.
- Malhotra, S. (2010). Design and construction considerations for offshore wind turbine foundations in North America. In: *GeoFlorida 2010: Advances in Analysis, Modeling & Design*. [https://doi.org/10.1061/41095\(365\)155](https://doi.org/10.1061/41095(365)155)
- Mariyasu, L.; Allain, R.; Benhalima, K.; Claytor, R. (2004). *Effects of seismic and marine noise on invertebrates: A literature review*. <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/library-bibliotheque/317113.pdf>
- Martínez, P. (2017). Cable submarino de San Andrés: hacia dónde va la inversión pública en infraestructura. *CITAS*, 3(1), 73-87. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8662975.pdf>. <https://doi.org/10.15332/24224529.5149>
- Más Comunidad. (2023, 23 de marzo). *Las Islas del Caribe colombiano migran hacia las energías renovables*. + Comunidad. <https://mascomunidad.org.ar/las-islas-del-caribe-migran-hacia-las-energias-renovables/>.
- Matiz-Chicacausa, A.; González-Quintero, A.; Gallardo-Gómez, A.; Usseglio-Lizcano, A.; Herrera-Rodríguez, D.; Álvarez-González, E.; ... ; Rodríguez, J. M. (2016). *Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 2012-2027*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33518>
- McGowan, L.; Jay, S. J.; Kidd, S. (2019). Scenario-Building for Marine Spatial Planning. En Zaucha, J. y Gee, K. (Eds.), *Maritime Spatial Planning: past, present, future* (pp. 327-351). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_14.
- Mead, L. (2021). Small islands, large oceans: voices on the frontlines of climate change. *Earth Negotiations Bulletin*. <https://www.iisd.org/system/files/2021-03/still-one-earth-SIDS.pdf>
- Meindl, A. (1996). *Guide to moored buoys and other ocean data acquisition systems*. <https://repository.oceanbestpractices.org/bitstream/handle/11329/81/DBCP-08-Guide-Moored-Buoys.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Merino, M. C.; Bonilla, S. P.; Bages, F. (2013). *Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia*. <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/25-Diagn%C3%B3stico-del-estado-de-la-acuicultura-en-Colombia.pdf>.
- Milne, P. H. (1976). Engineering and the Economics of Aquaculture. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33(4), 888-898. <https://doi.org/10.1139/f76-113>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2020). *Plan San Andrés conectado: el futuro digital es de todos*. (MinTIC). https://mintic.gov.co/portal/715/articles-126014_recurso_4.pdf
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2007). *Stellwagen Bank National Marine Sanctuary Report 2007*. NOAA. <http://sanctuaries.noaa.gov/science/condition/sbnms/welcome.html>.
- Newcombe, C. P.; McDonald, D. D. (1991) Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, 11, 72-82. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1991\)011<0072:EOS SOA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1991)011<0072:EOS SOA>2.3.CO;2)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). *El estado actual de la pesca y la acuicultura*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/070dc908-7b4e-4b25-94a8-204cdf2cb08/download>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016: contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. FAO. <https://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020: la sostenibilidad en acción*. FAO. <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>.
- Ortiz-Royero, J. (2012). Exposure of the Colombian Caribbean coast, including San Andrés

- Island, to tropical storms and hurricanes, 1900-2010. *Nat. Hazards*, 61, 815-827. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-0069-1>
- Ortiz-Royero, J.; Plazas, M.; Lizano, O. (2015). Evaluation of extreme waves associated with cyclonic activity on San Andres Island in the Caribbean Sea since 1900. *Journal of Coastal Research*, 31(3), 557-568. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00072.1>.
- OSPAR. (2009). Assessment of the Environmental Impacts of Cables. Convención para la protección del medio ambiente del Atlántico del Nordeste. *Biodiversity series*, (437), 3-18. https://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00437_Cables.pdf
- Palomino, M.; Almazán, J. L.; Arrayás, J. L. (2001). *Oscilaciones en masas de agua confinadas: resonancia en puertos*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. <https://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Oscilaciones%20en%20masas%20de%20agua%20confinadas.%20Resonancia%20en%20puertos..pdf>
- Pérez, M.; García, T.; Invers, O.; Ruiz, J. M. (2008). Physiological responses of the seagrass *Posidonia oceanica* as indicators of fish farm impact. *Marine Pollution Bulletin*, 56(5), 869-879. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.02.001>. PMID:18334257
- Pinilla, G.; Gutiérrez, A.; Ulloa-Delgado, G. (2007). *Efectos ecológicos de la derivación de aguas y sedimentos hacia la bahía de Barbacoas*. http://www.bdigital.unal.edu.co/3490/1/Estudio_Ecol%C3%B3gico_de_la_derivaci%C3%B3n_de_aguas_y_sedimentos_del_Canal_del_Dique_hacia_la_bah%C3%ADa_de_Barbacoas.pdf.
- Pomeroy, R. S.; Baldwin, K.; Mc. Conney, P. (2014). Marine spatial planning in Asia and the Caribbean: application and implications for fisheries and marine resource management. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 32, 151-164. <https://doi.org/10.5380/dma.v32i0.35627>.
- Portman, M. E. (2016). Environmental Planning for Oceans and Coasts: *Methods, Tools and Technologies*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26971-9>
- Prado, I. D. (2018). Estudio de implantación de un parque eólico *offshore* flotante en la costa de Cantabria. Tesis de grado. Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/13336/IPG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pratt, S. (2015). The economic impact of tourism in SIDS. *Annals of Tourism Research*, 52, 148-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2015.03.005>.
- Programa Ambiental del Caribe. (2019). *La gestión basada en los ecosistemas y la aplicación de un sistema de apoyo a las decisiones en el Gran Caribe: lecciones aprendidas desde el concepto hasta la acción*. <https://gefcrew.org/carrcu/SPAWSTAC9/Info-Docs/WG.42.INF.13.ES.pdf>
- Queensland Government. (2019). *Anchorage area design and management guideline: Maritime safety Queensland*. <https://www.msq.qld.gov.au/-/media/TMROnline/msqinternet/MSQFiles/Home/About-us/Right-to-information/Published-information/anchorage-area-design-and-management-guideline.pdf?la>
- Rabasso, M. K. (2016). *Los impactos ambientales de la acuicultura, causas y efectos*. Instituto Canario de Ciencias Marinas. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/6671/1/0231633_00028_0007.pdf
- Ramírez-Charry, E. (2019). *Territorialidades en la isla de San Andrés. Hegemonías y luchas por el territorio*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76599/EdwinJairRamirezCharry.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Research and Markets. (2020). *Submarine Communication Cables Market - By Cable Type, By Service: Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis and Forecast, 2020-2026*. <https://www.researchandmarkets.com/reports/5143812/submarine-communication-cables-market-by-cable>.
- Research and Markets. (2022). *Submarine Cable Systems Market by Application (Communication Cable and Power Cable), Component (Dry Plant*

- Products and Wet Plant Products) Offering, Voltage, Type (Single Core and Multicore), insulation, End User and Geography - Global Forecast to 2026.* <https://www.researchandmarkets.com/reports/4995509/submarine-cable-systems-market-by-application#rela3-5393215>.
- Resolución N°. 40284 del 2022. (3 de agosto). *Por medio de la cual se define el proceso competitivo para el otorgamiento del permiso de Ocupación Temporal sobre áreas marítimas, con destino al desarrollo de proyectos de generación de energía eólica costa afuera, se convoca la primera ronda y se dictan otras disposiciones.* Ministerio de Minas y Energía y El Director General Marítimo. <https://www.minenergia.gov.co/documents/8462/res-40284-2022.pdf>
- Rey, W.; Monroy, J.; Quintero-Ibáñez, J.; Escobar-Olaya, G. A.; Salles, P.; Ruiz-Salcines, P.; Appendini, C. (2019). Evaluación de áreas susceptibles a la inundación por marea de tormenta generada por huracanes en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. *Boletín Científico CIOH*, 38(2),57-68. <https://doi.org/10.26640/22159045.2019.465>.
- Rey, W.; Ruiz-Salcines, P.; Salles, P.; Urbano-Latorre, C.; Escobar-Olaya, G. A.; Osorio, A.; Ramírez, J.; Cabarcas-Mier, A.; Jigena-Antelo, B.; Appendini, C. M. (2021). Hurricane Flood Hazard Assessment for the Archipelago of San Andres, Providencia and Santa Catalina, Colombia. *Front. Mar. Sci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.766258>.
- Rojo, S. (2016). *El arte de fondear: análisis de movimientos, capacidad de agarre y condiciones para garrear de un ancla fondeada.* Objetivos del "Plan de Fondeo" y Estudio de Viabilidad del Método de Fondeo "U-turn". Prácticos de Puerto. https://www.practicosdepuerto.es/sites/default/files/articulo_el-arte-de-fondear.pdf
- Rubino, M. (2008). *Offshore aquaculture in the United States: economic considerations, implications & opportunities.* NOAA Technical Memorandum NMFS F/SPO-103, 263. <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/tm103.pdf>
- Sánchez. (2012). *Manejo ambiental en Seaflower, reserva de biósfera en el Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina.* Banco de la República. https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_176.pdf.
- Sarmiento-Guerrero, S.; Pérez-Walteros, N. (2021). Impacto de la acuicultura en restaurantes y en la gastronomía de San Andrés-Colombia. *Punto de vista*, 12(19), 126-135. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9020158.pdf> <https://doi.org/10.15765/pdv.v12i19.3282>
- Scenari Introduction. (2021). *Introduction.* Meriskenaariot. <https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/en/scenario-introduction>.
- Servicio Nacional de Aprendizaje. (2013). *Aprendices llevan energía eólica a San Andrés.* SENA. <https://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=2684>.
- Sesma, E. E. (2020). *Análisis de la viabilidad de la instalación de un parque eólico offshore flotante en España.* https://oa.upm.es/62993/1/TFG_ELENA_ERVITI_SESMA.pdf
- Stigebrandt, A. (2011). Carrying capacity: general principles of model construction. *Aquaculture Research*, 42, 4-50. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02674.x>
- Sujadmi y Murtasidin, B. (2020). Major Challenges in Developing Marine Spatial Planning in Bangka Belitung Island Province. *J. Phys.: Conf. Ser*, 1655. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1655/1/012139>.
- Taormina, B.; Bald, J.; Want, A.; Thouzeau, G.; Lejart, M.; Desroy, N.; Carlier, A. (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96,380-391. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.026>
- TeleGeography. (2022). *Submarine Cable Map.* <https://www.submarinecablemap.com/>.
- The Nature Conservancy. (2012). *St. Vincent y The Grenadines.* Marineplanning. <https://marineplanning.org/projects/caribbean/st-vincent-the-grenadines/>.

- Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". (2020). *Estado de la cobertura eléctrica y las zonas no interconectadas en la región central*. <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/ESTADO-DE-LA-COBERTURA-ELECTRICA-Y-LAS-ZONAS-NO-INTERCONECTADAS-EN-LA-REGIO%CC%81N-CENTRAL-3-1.pdf>
- Usón, F. (2014). *Desarrollo de un modelo de costes para parques eólicos offshore*. <https://doi.org/10.1029/2018WR023316>
- Vagiona, D. G.; Kamilakis, M. (2018). Sustainable site selection for offshore wind farms in the South Aegean-Greece. *Sustainability*, 10(3), 749. <https://doi.org/10.3390/su10030749>
- Vaselli, S.; Bertocci, I.; Maggi, E.; Benedetti-Cecchi, L. (2008). Effects of mean intensity and temporal variance of sediment scouring events on assemblages of rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*, 364:57-66. <https://doi.org/10.3354/meps07469>
- Wilhelmsson, D.; Malm, T.; Thompson, R.; Tchou, J.; Sarantakos, G.; McCormick, N.; Luitjens, S.; Gullström, M.; Paerson Edwards, J. K.; Amir, O.; Dubi, A. (Eds.) (2010). *Greening Blue Energy- Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of offshore renewable energy*. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2010-014.pdf>
- Worzyk, T. (2009). *Submarine Power Cables*. Power Systems. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01270-9>.
- Xu, Y.; Li, Y.; Zheng, L.; Cui, L.; Li, S.; Li, W.; Cai, Y. (2020). *Site selection of wind farms using GIS and multi-criteria decision-making method in Wafangdian, China*. *Energy*, 207, 118222. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118222>