

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Mapeo de zonas de crianza y anidación de Megafauna Marina en
el Pacífico Este Tropical**

María Emilia Escobar Gallardo

Biología

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Biólogo/a

Quito, 22 de mayo de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Mapeo de zonas de crianza y anidación de Megafauna Marina en el
Pacífico Este Tropical**

María Emilia Escobar Gallardo

Nombre del profesor, Título académico

Alex Hearn, PhD

Quito, 22 de mayo de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: María Emilia Escobar Gallardo

Código: 00207240

Cédula de identidad: 1723163661

Lugar y fecha: Quito, 22 de mayo de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Algunas especies de Megafauna Marina poseen amplios rangos de distribución durante su vida adulta. Sin embargo, durante su nacimiento y estadios juveniles están confinados a zonas de crianza en el caso de tiburones y cetáceos o zonas de anidación de tortugas marinas. Un gran número de estas zonas se encuentran dentro de la región del Pacífico Este Tropical la cual debido a sus condiciones oceanográficas y atmosféricas tiene es de gran interés ecológico para estos grupos. En este estudio, mediante revisión bibliográfica se mapeó todas las zonas de crianza y anidación (ZCA) reportadas en los países del Pacífico Este Tropical (PET), se analizó si estas se encontraban dentro de áreas marinas protegidas y se estimó el tamaño del territorio marino protegido de cada país. La búsqueda resultó en un total de 81 reportes de ZCA de los cuales 42 están dentro de un área marina protegida (52.5%). La identificación de estas zonas es clave para la implementación de áreas marinas protegidas que busquen conservar estas áreas. De igual manera, este proyecto ofrece ser una línea base para futuras investigaciones que busquen aumentar el número de reportes de ZCA de esta región para más especies de las que se conoce actualmente.

Palabras clave: zonas de crianza, zonas de anidación, tortugas, tiburones, cetáceos, Pacífico Este Tropical

ABSTRACT

Some species of marine megafauna have wide distribution ranges during their adult life. However, during their birth and juvenile stages they are confined to nursery areas in the case of sharks and cetaceans or to nesting areas for sea turtles. A large number of these zones are located within the Eastern Tropical Pacific region which, due to its oceanographic and atmospheric conditions, is a region with ecological interest for these groups. In this study, through a literature review, we mapped all nursery and nesting areas (ZCA) reported in the countries of the Eastern Tropical Pacific (PET), analyzed whether they were located within marine protected areas and estimated the size of the protected marine territory of each country. The search resulted in a total of 81 reported ZCA of which 42 are within a marine protected area (52.5%). The identification of these zones is key for the implementation of marine protected areas that seek to conserve these areas. Likewise, this project offers a baseline for future research that seeks to increase the number of reports of ZCA in this region for more species than is currently known.

Key words: nursery zonas, nesting zones, sea turtles, sharks, cetaceans, Eastern Tropical Pacific

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
METODOLOGÍA.....	15
Área de Estudio.....	15
Revisión sistemática de literatura	16
Proceso de exclusión e inclusión de artículos y extracción de información geográfica	17
Análisis en ArcGis pro	19
RESULTADOS	20
Revisión sistemática de literatura	20
Análisis en ArcGis pro	23
DISCUSIÓN	25
CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
Anexo A: Título	36
Anexo B: Título	¡Error! Marcador no definido.
Anexo C: Título	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de especies y ZCA reportadas para cada país del PET	22
Tabla 2. Número de AMPs, área total de AMP en km ² , área de ZEE en km ² y porcentaje de ocupado por AMP cada país del PET	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio Pacífico Este Tropical (naranja); incluye Islas Galápagos y Clipperton.....	16
Figura 2. Proceso de inclusión/exclusión de artículos en base al esquema PRISMA	19
Figura 3. Número de zonas de crianza y anidación ZCA de cada grupo taxonómico en cada país del PET	21
Figura 4. Número de ZCA tota, dentro de AMP y fuer de AMP según el grupo taxonómico.	23
Figura 5. Ubicación de ZCA según grupo taxonómico: cetáceos (rojo), tiburones (azul), tortugas (verde); Áreas Marinas Protegidas (menta) y Zonas Económicas Exclusivas (celeste) de los países que conforman el PET	24

INTRODUCCIÓN

El término megafauna marina (MM) comprende a todos los organismos que poseen cuerpos grandes, con una masa corporal de ≥ 45 kg, que habitan en las zonas costeras y/u océanos abiertos (Pimiento et al., 2020). La megafauna tiene un gran impacto en los ecosistemas marinos ya que consume grandes cantidades de biomasa, transporta nutrientes dentro y entre hábitats por medio de la excreción, conecta ecosistemas oceánicos mediante la migración y modifica físicamente hábitats a través de su locomoción, alimentación y mortalidad (Doughty et al., 2016). Dentro de esta clasificación están incluidos: peces óseos, elasmobranquios (tiburones y rayas), mamíferos (ballenas, pinnípedos, oso polar), reptiles (tortugas marinas), una especie de ave marina (pingüino emperador *Aptenodytes forsteri*), y algunas especies de invertebrados como la almeja gigante (*Tridacna gigas*) y el calamar gigante (*Mesonychoteuthis hamiltoni*) (Pimiento et al., 2020). Además, la MM incluye especies carismáticas que poseen un valor social, económico y cultural, pero sobre todo un valor ecológico importante durante las diferentes etapas de su vida incluida la etapa juvenil que muchas veces se desarrolla en zonas de crianza o anidación

Algunas especies de megafauna marina ocupan rangos de distribución globales y migran largas distancias en busca de un hábitat óptimo de alimentación, reproducción y crianza de crías. Sin embargo, estas especies durante su estadio juvenil se encuentran confinadas a hábitats que les brinde protección y alimentación hasta su alcanzar su edad adulta (López-Angarita et al., 2021; McClain et al., 2022). Uno de los grupos taxonómicos del que se sabe que algunas especies hacen uso de zonas de crianza son los elasmobranquios. Los individuos de edad adulta que poseen una amplia distribución y son capaces de dispersarse en busca de alimento, reproducción y otros comportamientos sociales; mientras que los juveniles permanecen en zonas de crianza costeros durante algunos meses o años ya

que estos lugares les brindan protección contra depredadores y una abundancia de presas (Harned et al., 2022). Heupel et al. (2007) ha sugerido tres parámetros importantes para definir a un área como zona de crianza: (a) los neonatos o menores de un año se encuentran más comúnmente en esta área que en otras, (b) los neonatos tienden a quedarse o regresar por periodos prolongados y (c) dicha área se usa repetidamente a lo largo de los años (Heupel et al., 2007).

Por otro lado, las tortugas marinas son organismos longevos que pasan la mayor parte de su vida en el agua. Sin embargo, durante la temporada de reproducción las hembras emergen del mar para poner sus huevos en costas arenosas. Evidencia sugiere que las tortugas marinas muestran una alta fidelidad en la elección de su sitio de anidación y que esta se encuentra ubicado dentro de la región donde la hembra nació (Carreras et al., 2018). La ubicación del nido posee un efecto significativo en el éxito de la anidación y eclosión de los huevos, lo que afecta al desarrollo embrionario, la determinación del sexo, la aptitud y la regulación del riesgo por depredación e inundación (Mazaris et al., 2009). Se ha determinado que las hembras prefieren playas de arena fina con pendientes moderadas, buena humedad y drenaje y con dunas para su ovoposición (Zavaleta-Lizárraga & Morales-Mávil, 2013).

Por último, algunas especies de cetáceos como la ballena jorobada (*Megaptera novaeanglia*) realizan grandes migraciones desde los lugares de alimentación antárticos hacia las regiones reproductivas ubicadas en los trópicos en busca de aguas más cálidas. La evidencia sugiere que los cetáceos se reproducen en aguas tranquilas y cálidas porque su capa de grasa al nacer es delgada, lo que permite invertir energía en su crecimiento y desarrollo mejorando la supervivencia de las crías (Guidino et al., 2014). Además, en las zonas de parto, las madres con cría prefieren aguas tranquilas y poco profundas cercanas a las costas para evitar la perturbación de machos competitivos y la depredación por otras especies (Guidino et al., 2014). Algunas de estas zonas de crianza de elasmobranquios y cetáceos y playas de

anidación de tortugas marinas se encuentran ubicadas dentro de la región del Pacífico Este Tropical debido a sus condiciones climáticas y oceanográficas.

El Pacífico Este Tropical (PET) se define como el área hacia el mar de la plataforma continental que se extiende desde el norte de México hasta el norte de Perú (Granja-Fernández et al., 2023). Esta área es de aproximadamente 21 millones de km² e incluye Zonas Económicas Exclusivas de 12 naciones (Martin et al., 2016). El PET se encuentra dividido en dos provincias: el Pacífico Este Tropical y las Islas Galápagos. Dentro de la provincia del Pacífico Este Tropical se reconocieron seis ecorregiones que incluyen a: Islas Clipperton y Revillagigedo, Pacífico Tropical Mexicano, Chiapas-Nicaragua, Nicoya, Ensenada de Panamá, ecorregión de Guayaquil y ecorregión de la Isla del Coco; mientras que para la provincia de las Islas Galápagos se reconocieron tres ecorregiones: ecorregión del Norte, del Este y del Oeste (Granja-Fernández et al., 2023; Spalding et al., 2007). En cuanto a las condiciones oceanográficas, esta región se caracteriza por tener aguas superficiales cálidas y de baja salinidad sobre una termoclina poco profunda. A sus extremos norte y sur fluyen las corrientes de California al norte y de Humboldt al sur. Esta región se encuentra entre los giros subtropicales del Pacífico Norte y Sur y abarca el extremo oriental del sistema de corrientes ecuatoriales del Pacífico y la piscina cálida del Pacífico oriental. Las aguas superficiales oceánicas de esta región son moderadamente productivas debido a la falta de hierro disuelto. No posee una estacionalidad marcada como en latitudes más altas y temperatura superficial y la salinidad dependen principalmente del viento y la precipitación. Adicionalmente, esta región es importante por sus roles en la variabilidad climática dada por El Niño-Southern Oscillation (ENSO) en la producción pesquera y el ciclo global de carbono (Fiedler & Lavín, 2017). En consecuencia, el ETP alberga una gran biodiversidad y productividad de biomasa de fauna marina. Por esta misma razón, se encuentra bajo una

intensa presión humana por actividades pesqueras, navegación marítima y desarrollo costera que afecta la función de sus ecosistemas incluidos las zonas de crianza y anidación.

El desarrollo de las especies que usan estas zonas de crianza y anidación dentro del ETP se encuentra amenazada por varios factores, uno de ellos es el nivel insostenible de presión pesquera incidental o de objetivo. Las pesquerías industriales y de pequeña escala que se dirigen a especies comerciales tienen una gran cantidad de capturas incidentales de elasmobranchios y tortugas marinas, mientras que la pesca ilegal por aletas de tiburón sigue afectado directamente a las poblaciones presentes en el PET (López-Angarita et al., 2021; Queiroz et al., 2016). Otra amenaza latente para estas áreas es la pérdida de hábitat. La línea costera está cubierta por bosques de manglar siendo este uno de los hábitats principales de crianza de tiburones, por lo que, su eliminación o alteración a causa del desarrollo urbano amenaza a la salud poblacional de tiburones (López-Angarita et al., 2021). Lo mismo ocurre con las playas de anidación de tortugas marinas, el turismo, tráfico vehicular y construcciones en las playas afecta la disponibilidad de las playas de anidación y amenaza con el bienestar de los huevos (Mazaris et al., 2009). Por último, hoy en día el choque con embarcaciones y el enredo se consideran las principales amenazas que afectan la recuperación de las poblaciones de cetáceos. Dependiendo del tamaño de la embarcación, el individuo pierde la vida o queda gravemente herido con un sufrimiento prolongado y futuras lesiones (Ransome et al., 2021). En su intento por reducir los efectos de estas amenazas y conservar las áreas de importancia ecológica, las naciones que conforman el PET han creado varias áreas protegidas de tipo marino y costero que permitan un uso sostenible de recursos sin afectar significativamente a las poblaciones y ecosistemas.

Dentro del PET se han creado Áreas Marinas Protegidas dentro de la zona económica exclusiva de las islas oceánicas y archipiélagos e incluso de zonas costeras continentales (Klimley et al., 2022). A pesar de que cada área protegida posee un diferente tipo de manejo

de recursos y de usos múltiples, su objetivo en común es la preservación de los ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos para las comunidades aledañas. Algunos ejemplos de grandes áreas protegidas son las Islas Galápagos, Isla del Coco, Malpelo y Revillagigedo. Dentro de este contexto, en 2022 durante la 15va Conferencia de las Partes del Convenio de la ONU sobre la Diversidad Biológica (COP15) 196 países adoptaron el Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal (GBF). El marco cuenta con cuatro objetivos y 23 metas a cumplirse hasta el 2030, una de estas metas es el Plan 30x30. Este plan consiste en la conservación y manejo efectivo de 30% para el 2030 de las áreas terrestres, aguas continentales y aguas marinas y costeras que sean de importancia para la biodiversidad y servicios ecosistémicos (IPBES, 2019).

Dadas las crecientes tasas de disminución poblacional de especies de tiburones, tortugas y mamíferos marinos en el PET, la identificación de las zonas de crianza y anidación (ZCA) se ha vuelto crítica y se ha visto la necesidad de implementar planes de conservación que busquen preservar estas zonas (Quintanilla et al., 2015). A pesar de que gracias a algunas investigaciones se ha podido identificar las ZCA para algunas especies, sobre todo para tortugas y cetáceos, el vacío de información es aún mayor y son más el número de especies de las que no se conoce cómo transcurren sus primeras etapas de vida. Dentro del PET existen un considerable número de áreas marinas protegidas (AMP) que también coincide con la ubicación de ZCA como es el caso de las Islas Galápagos.

En este proyecto, por medio de revisión sistemática de literatura se mapeó todas las ZCA de tiburones, tortugas y cetáceos reportados en el PET para después medir el nivel de solapamiento entre ellas y las áreas marinas protegidas (AMP) establecidas por los países que conforman esta región. Por último, se estimó el porcentaje del territorio marino protegido de cada nación y se analizó el estado en el que se encuentra con relación al objetivo 30x30. Se espera que la información derivada de la presente revisión contribuya en el aumento de la

eficiencia de conservación al mostrar geográficamente las áreas que necesitan ser conservadas y también impulsar la investigación del uso de ZCA de las especies que aún no se conoce.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

El estudio se ubicó en la zona costera de las 12 naciones que conforman la región del Pacífico Este Tropical (PET). La zona costera continental del PET es topográficamente heterogénea con hábitats que incluyen costas con lagunas estuarinas, bosques lluviosos, manglares, pantanos, marismas, acantilados altos con playas pequeñas, playas rocosas y largas playas arenosas. Las ensenadas y las islas del PET como Galápagos, Cocos, Gorgona y Coiba contienen arrecifes rugosos, pero sus sistemas costeros se caracterizan principalmente por tener un hábitat de arrecifes rocosos (López-Angarita et al., 2021). Los manglares son abundantes en toda la línea costera del PET debido a que muchos estuarios, ríos y bahías proveen las condiciones adecuadas para su desarrollo y amplia cobertura. Adicionalmente, las extensas planicies intermareales reciben un importante aporte de agua dulce lo que permite que los árboles de manglar de la costa del PET crezcan hasta los 30 metros de altura. Como resultado, muchos lugares del PET han sido definidos como sitios RAMSAR (Spalding, 2010).

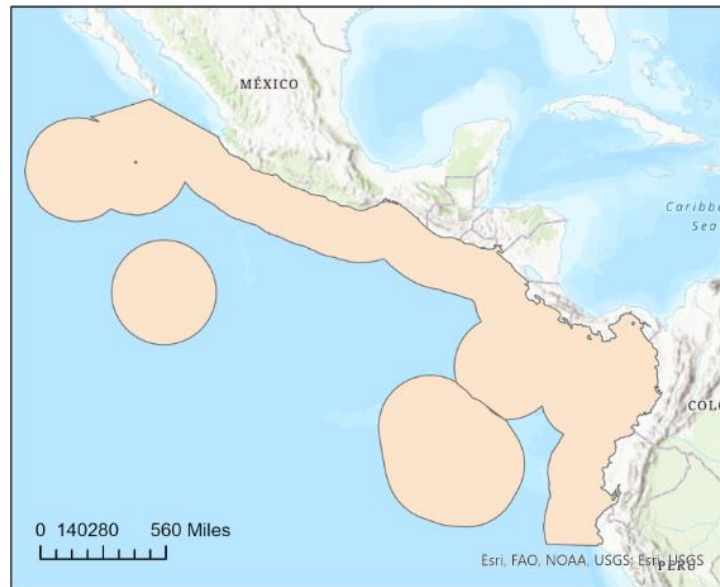


Figura 1. Área de estudio Pacífico Este Tropical (naranja); incluye Islas Galápagos y Clipperton

Revisión sistemática de literatura

Se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura desde junio de 2022 hasta febrero de 2023 y se basó en la revisión de artículos científicos. Para ello se usaron las bases de datos: Scopus y Google Scholar. Para el proceso de selección de artículos se usó la declaración PRISMA, que consiste en un diagrama de flujo de cuatro fases que busca proporcionar un enfoque crítico para filtrar los artículos obtenidos más relevantes de una búsqueda sistematizada. Para la búsqueda se dividió en tres grupos a los términos usados: (a) especie (b) zona objetivo nursery area, nesting area, breeding area (c) lugar: Eastern Tropical Pacific, México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Colombia, Ecuador, Islas Galápagos y Perú. La búsqueda se enfocó en recopilar información sobre la ubicación de la zona objetivo de una especie en un lugar específico. La lista de especies para las que se realizó la búsqueda fue extraída del artículo (Córdova et al., 2021) y contenía 45 especies pertenecientes a tres grupos taxonómicos diferentes: elasmobranquios, tortugas marinas y cetáceos. Se dividió a los lugares por países para aumentar el número resultados obtenidos y hacer más específica la búsqueda ya que si solo se colocaba “Eastern Tropical Pacific” no se

obtenían suficientes y se consideró a las “Islas Galápagos como un lugar aparte de Ecuador y la búsqueda se realizó únicamente para los nueve países mencionados antes. De igual manera en la zona objetivo, de acuerdo con la literatura, para tiburones es “nursery area”, para tortugas “nesting area” y para cetáceos “breeding area”. Adicionalmente, los términos usados dentro de cada categoría se combinaron usando el operador “AND”. Un ejemplo de búsqueda para una zona de crianza de tiburones en las Islas Galápagos sería el siguiente:

“sphyrna AND lewini AND nursery AND area AND galapagos”

Este proceso se lo repitió para todas las especies con sus zonas objetivo correspondientes en los diferentes lugares.

Proceso de exclusión e inclusión de artículos y extracción de información geográfica

Para la selección de artículos se establecieron varios filtros con el objetivo de descartar literatura que no aportaba con información geográfica relevante. Para ello se establecieron dos fases con dos criterios cada uno, los criterios de la primera fase fueron:

- a) Título del artículo: debe mencionar a alguna de las especies o grupo taxonómico presente en la lista para búsqueda y debe mencionar que el estudio se realizó en el Pacífico Este Tropical o en alguno de los países que lo conforman
- b) Abstract: sin importar el tipo de estudio que se realizó en el artículo, el abstract debe mencionar a presencia de ‘zonas de crianza/nursery areas’, ‘zonas de crianza/breeding areas’) y/o ‘zonas de anidación/nesting areas’ dentro del estudio.

Los artículos que cumplieron con estos primeros criterios fueron descargados y revisados a detalle su introducción, metodología y resultados. Algunos estudios fueron realizados dentro de una ZCA por lo que la información relevante se encontraba dentro de la metodología. Sin embargo, otros artículos mencionaban la presencia de ZCA en la

introducción como información de soporte. Tomando en cuenta estas condiciones, en la segunda fase se siguieron los siguientes criterios para la selección:

- c) Introducción: de no presentar coordenadas geográficas, deben mencionar información geográfica específica de la ubicación de la ZCA. Se excluyeron artículos con información muy general como ‘Pacífico Colombiano’ o ‘en las costas de México’.
- d) Metodología: al ser el ZCA el área de estudio del artículo, debe presentar sus coordenadas geográficas en cualquier formato. Algunos artículos también presentaban un mapa de la ZCA e incluían información de la ubicación que precisaba la búsqueda. Se excluyeron artículos sin coordenadas geográficas.

Posteriormente se extrajo información de los artículos que cumplían con todos los criterios asegurándose que llenaran los siguientes campos: a) grupo taxonómico, b) especie, c) latitud, d) longitud, e) lugar, f) país y g) referencia bibliográfica. Para los artículos que no mencionaban coordenadas geográficas, se realizó una búsqueda para encontrar la ubicación y se determinó el punto usando la información física del lugar que mencionaba el artículo. Finalmente se realizó una tabla en Excel con toda la información obtenida para realizar el análisis de datos.

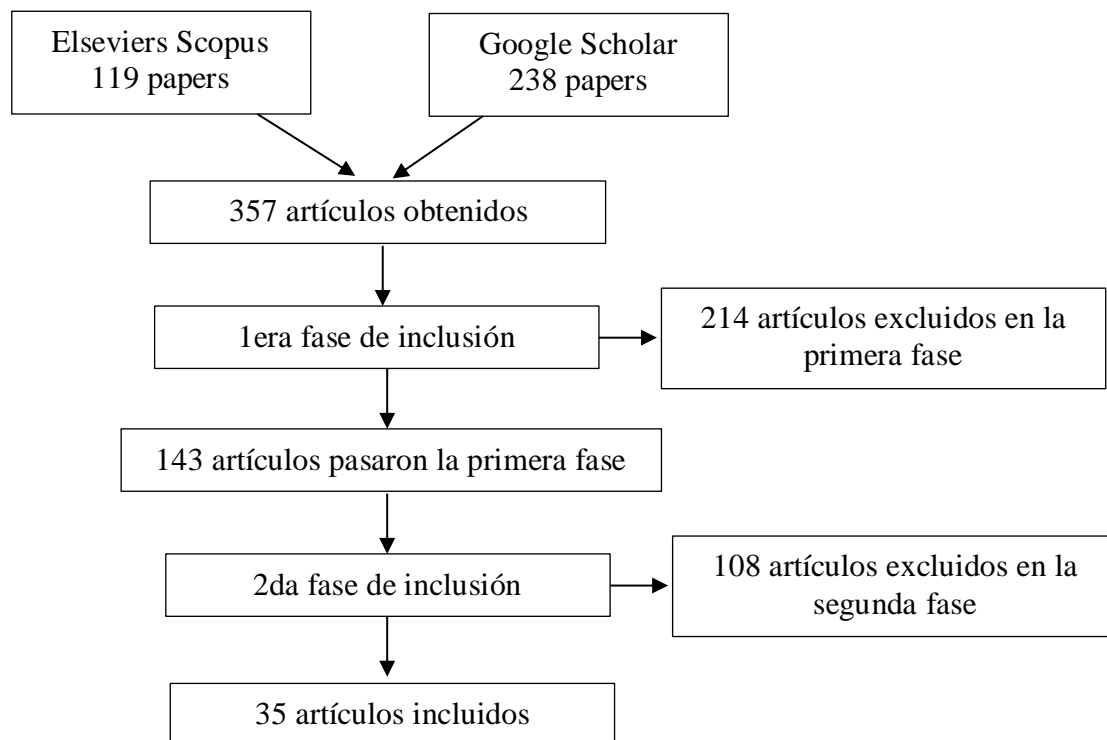


Figura 2. Proceso de inclusión/exclusión de artículos en base al esquema PRISMA

Análisis en ArcGis pro

Todas las coordenadas extraídas de artículos científicos se encontraban en formato de Grados Minutos y Segundo por lo que fueron transformados a formato decimal en la hoja de Excel. Posteriormente se importó la base de datos de Excel al programa ArcGis pro usando las herramientas “Excel to Table” y “Table to XY point” para observar las zonas de crianza y anidación en formato de puntos sobre un mapa base.

Además de la capa de puntos de ZCA obtenida de la búsqueda bibliográfica, se incluyó una capa con las áreas marinas y costeras protegidas dentro del PET, otra capa con las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de las naciones que conforman esta región y una capa que delimita la región del Pacífico Este Tropical (Figura 1). La capa con Áreas Protegidas se obtuvo de la página web ‘Protected Planet’

(<https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa?tab=WDP>). Mientras que las capas con ZEE y la región PET se obtuvo de la página ‘Marineregions.org’

(<https://www.marineregions.org/>). Las capas con ZEE y Áreas Protegidas contenían información a nivel global por lo que se seleccionó únicamente las que se encuentran en el PET y se crearon nuevas capas con esa información geográfica.

Primero se creó una nueva capa con las AMPs que se encuentran dentro de la ZEE en el PET de cada país con el fin de no incluir áreas protegidas terrestres ni AMPs dentro océano Atlántico para los países con ZEE en los dos océanos. Con estas capas establecidas, se determinó la proporción y el número de ZCA que se encuentren dentro de AMPs. Para estos pasos se utilizó la herramienta del programa ‘Intersect’ y se incluyó a las áreas protegidas costeras que incluyeran un porcentaje de territorio marino.

Posteriormente, se determinó el área total en km² que ocupaban las AMPs y las ZEE de cada país para después determinar el porcentaje que ocupan las AMPs dentro de cada ZEE. Esto se lo realizó para estimar el porcentaje de territorio marino de los países del PET y analizar su estado en cuanto al objetivo 30x30 (30% del territorio marino protegido para el 2030). Para este análisis sí se consideró las AMPs y la ZEE en el océano Atlántico de los países que poseen territorio en ambos océanos.

RESULTADOS

Revisión sistemática de literatura

La revisión bibliográfica en las bases de datos derivó un total de 357 artículos científicos, a los cuales se aplicaron los criterios de selección. Después de la primera fase de inclusión/exclusión se redujo a 143 artículos. Por último, posterior a la segunda fase de inclusión/exclusión se seleccionaron 35 artículos científicos para analizarse a detalle lo que

dio un total de 81 coordenadas geográficas de zona de crianza y anidación (ZCA) reportadas para el PET (Figura 2). Algunos artículos reportaron más de una ZCA para la misma especie o para varias especies.

Las ZCA reportadas para el PET estaban distribuidas en las nueve naciones para las que se realizó la búsqueda. Como se observa en la (Figura 3), se encontró que el Ecuador fue el país con mayor número de reportes de ZCA (24) distribuidos entre Ecuador continental y las Islas Galápagos.

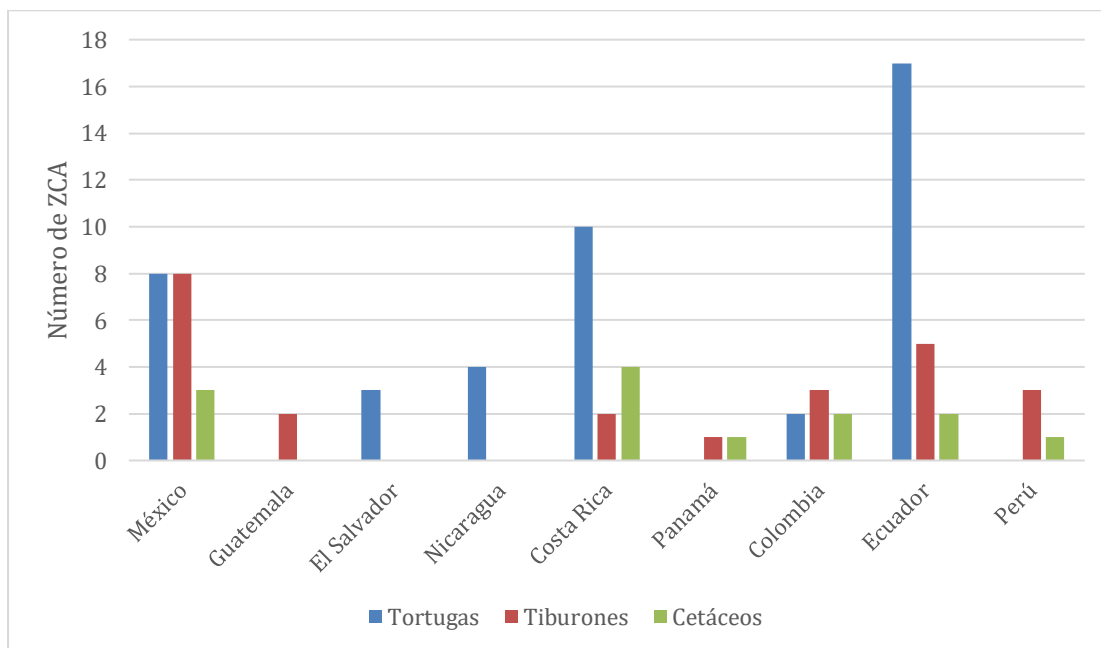


Figura 3. Número de zonas de crianza y anidación ZCA de cada grupo taxonómico en cada país del PET

De 45 especies para las que se realizó la búsqueda de ZCA, solo se encontraron reportes para 13 especies dentro del PET, siendo tortugas el grupo taxonómico con mayor número de reportes (44) y cetáceos el grupo con menor número (13). Los países con mayor número de especies reportadas fueron México y Costa Rica (9).

Desde otra perspectiva, de la lista con 45 especies, cinco pertenecían a tortugas, seis a cetáceos y 34 a elasmobranquios, incluyendo tiburones y raya. De los 13 reportes, cuatro fueron de tortugas, cuatro de cetáceos y cinco de tiburones siendo este último grupo el que presenta la mayor falta de información sobre su nacimiento y estadios juveniles considerando

el número de especies para el que se realizó la búsqueda. De las 13 especies de las que se encontraron reportes, tres están en Peligro Crítico de acuerdo a la Lista Roja de la UICN (*Eretmochelys imbricata*, *Sphyrna lewini*, *Balaenoptera musculus*).

Por otro lado, las especies con más ZCA reportadas de acuerdo a su grupo taxonómico fueron: tortugas *Lepidochelys olivacea* (12); tiburones *Sphyrna lewini* (15) y cetáceos *Megaptera novaeangliae* (9). *Lepidochelys olivacea* es considerada como la especie más abundante de las siete especies de tortugas marinas que existen a nivel mundial (Cáceres-Farias et al., 2022). De igual manera, estas tres especies son catalogadas como carismáticas y de gran importancia para el turismo, investigación y conservación. Incluso, en algunos países de la región se realizan tours de ecoturismo que consisten en el avistamiento de estas especies (Avila et al., 2015; Budiantoro et al., 2019; Cisneros-Montemayor et al., 2020).

Tabla 1. Número de especies y ZCA reportadas para cada país del PET

País	Número de especies	Número de reportes ZCA
México	9	19
Guatemala	1	2
El Salvador	1	3
Nicaragua	2	4
Costa Rica	9	16
Panamá	2	2
Colombia	3	7
Ecuador	6	23
Perú	1	4

Análisis en ArcGis pro

De un total de 81 ZCA reportadas para el PET, 42 se encuentran dentro de un AMP (52.5%) y 38 fuera de un AMP (47.5%), siendo tortugas el grupo taxonómico con más ZCA dentro de un AMP (30), seguido de tiburones (11) y cetáceos (2).

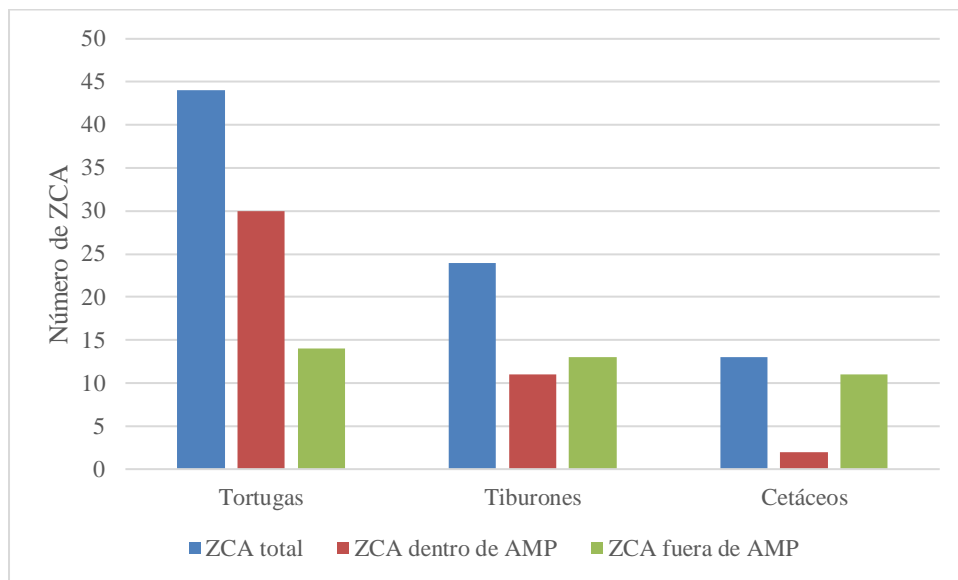


Figura 4. Número de ZCA tota, dentro de AMP y fuer de AMP según el grupo taxonómico.

En la Figura 5 se observa el mapa final realizado en ArcGis pro con los 81 puntos de ZCA, las ZEE y las AMPs que se encuentran dentro del PET.



Figura 5. Ubicación de ZCA según grupo taxonómico: cetáceos (rojo), tiburones (azul), tortugas (verde); Áreas Marinas Protegidas (menta) y Zonas Económicas Exclusivas (celeste) de los países que conforman el PET

Según los resultados obtenidos, se encontró que México es el país con mayor número de Áreas Marinas Protegidas y Costeras (68) y Guatemala es el país con menos (3). Hasta el momento Panamá es el único país que cumple con el plan 30x30 ya que el 50% de su territorio marino se encuentra protegido. Por otro lado, Guatemala (0.8%) y el Salvador (0,6) son los países con menor porcentaje de territorio marino protegido. En cuanto al Ecuador, este cuenta con 21 áreas marinas y costeras protegidas que resultan en un 19% de territorio marino protegido.

Tabla 2. Número de AMPs, área total de AMP en km², área de ZEE en km² y porcentaje de ocupado por AMP cada país del PET

País	Número de AMPs	Área total AMP	Área ZEE	% territorio marino protegido
México	68	697.391	3,187.013	22%
Guatemala	3	917	110.695	0.8%
El Salvador	26	541	95.099	0.6%

Nicaragua	9	36.574	213.813	17%
Costa Rica	30	166.298	581.726	29%
Panamá	33	165.684	331.318	50%
Colombia	27	188.167	744.085	25%
Ecuador	21	204.582	1,077.731	19%
Perú	8	66.311	854.698	7.8%

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran una notable diferencia en el número de reportes de ZCA para cada grupo taxonómico siendo tortugas el grupo con mayor número de reportes para la región. Esto posiblemente se debe a que existe mayor facilidad y se requiere menos recursos para identificar y estudiar zonas de anidación de tortugas ubicadas en playas que zonas de crianza de tiburones y cetáceos ubicadas en el mar (Heupel et al., 2018). Esto también contribuye a que exista más información sobre el nacimiento y estadios juveniles para este grupo a comparación de los otros dos. De igual manera, se encontró que Ecuador es el país con mayor número de reportes de ZCA de la región. A pesar de que los reportes están distribuidos de manera igualitaria entre las Islas Galápagos y Ecuador continental, sí se observa que existe mayor investigación en las Islas Galápagos. Es por esto que es importante fomentar la investigación de en Ecuador continental ya que podrían existir más ZCA por identificar.

Durante los análisis en ArcGis pro, se encontró que las ZCA de los tres grupos taxonómicos están ubicadas en áreas con características físicas específicas. En el caso de los tiburones se observó que las zonas de crianza se ubican principalmente en bahías con presencia de manglares o en desembocaduras de ríos. Los hábitats con manglares se

caracterizan por tener una alta productividad y estructuras complejas de árboles de mangle que ofrecen alimento y protección a los tiburones juveniles (Heupel et al., 2018). Según lo observado en los resultados, el 45.83% de zonas de crianza de tiburones reportadas para el PET se encuentran dentro de un área protegida ya sea área marina o costera protegida o sitio RAMSAR. De acuerdo con López-Angarita et., 2018, la mayoría de los grandes sistemas de manglares presentes en el Pacífico Este Tropical se encuentra bajo cierto nivel de protección contra la tala (López-Angarita et al., 2018). Sin embargo, los impactos antropogénicos varían según la ubicación y a pesar de estar protegidos, algunos de estas áreas son usadas para pesca por parte de las comunidades circundantes (López-Angarita et al., 2021). Frente a este problema, es necesario la implementación de áreas protegidas en donde las comunidades locales sean participes del proceso de gestión de las zonas de pesca y poder fomentar el uso sostenible de recursos.

De acuerdo a la literatura, existen playas en México y Costa Rica en donde ocurren eventos masivos de anidación de tortugas marinas. Estos eventos han sido reportados para las dos especies del género *Lepidochelys* spp. (Cáceres-Farias et al., 2022). Sin embargo, existen otras zonas de anidación de baja densidad que pueden ser usados por más de una especie de tortuga marina. En muchas de estas zonas la calidad de las playas ya se ha visto comprometida por el incremento del nivel del mar y el desarrollo urbano. A medida que sube el nivel del mar, las playas se acortan entre el desarrollo urbano y el avance del mar haciendo que la zona de anidación sea mucho más estrecha exponiendo a los nidos a inundaciones, depredación o presencia humana. Tomando en cuenta que el incremento del nivel del mar es un efecto del cambio climático y que hasta el momento es algo que no puede controlarse, las principales soluciones frente a este problema es la implementación de programas de conservación que disminuyan el desarrollo costero en zonas de anidación (Fish et al., 2008).

Por último, se observó que las zonas de crianza de cetáceos están principalmente cercanas a las costas de la plataforma continental. Sin embargo, únicamente el 15.38% de las zonas de crianza reportadas se encuentra dentro de un AMP. Las principales amenazas que afectan a los individuos que se encuentran en las zonas de crianza son las capturas incidentales y los choques con embarcaciones. Estas causan severas lesiones a los individuos y en algunos casos la muerte (Alava et al., 2012). Tomando en cuenta que las zonas de crianza de cetáceos ocupan un área más extendida a comparación con tiburones, es necesario la implementación de AMP que controlen el tráfico marítimo y la pesca artesanal en el PET. Algunas especies de cetáceos como la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) son una importante fuente de recursos para las comunidades de la región ya que se realiza el negocio de avistamiento de ballenas durante su periodo de reproducción y crianza. Juntar el turismo sustentable junto con prácticas de pesca y tráfico marino reguladas pueden beneficiar a las poblaciones de cetáceos y reducir su riesgo.

A pesar de que durante este proyecto se observó que más del 50% de las ZCA reportadas para el PET se encuentran dentro de un AMP, es importante la identificación y análisis individual de cada AMP. De acuerdo al Marine Conservation Institute, las AMP del PET con mayor nivel de protección contra la pesca y mayor extensión son las que se encuentran alrededor de sistemas de islas: Islas Galápagos, Malpelo, Coiba Isla del Coco y Revillagigedo. Sin embargo, en la plataforma continental, en donde se encuentran la mayor cantidad de reportes de ZCA de la región, existen principalmente AMP de menor tamaño y con un mínimo nivel de protección pesquera. Es por ello que es necesario aumentar el nivel de protección contra la pesca para estas AMP continentales para poder proteger a estas zonas tan importantes (Gronrud-Colvert et al., 2021). De igual manera, es necesario la participación activa de las comunidades en el diseño y conservación de estas áreas para garantizar la aplicación de los planes de manejo y evitar caer en las denominadas ‘áreas de papel’. Se

observó que hasta el momento Panamá es el único país que cumple con el plan 30x30. Sin embargo, Colombia y Costa Rica también se encuentran bastante cercanos a cumplir esta meta. Hasta el momento algunos países del Pacífico Este Tropical se encuentran elaborando planes de extensión de AMPs o de creación de nuevas como es el caso de la Reserva Marina Hermandad, creada en Ecuador en el 2022 o la extensión del Área Marina Protegida de la Isla del Coco en Costa Rica. De acuerdo a las declaraciones que han realizado, los gobiernos de los países que conforman el PET se encuentran comprometidos con cumplir el plan 30x30 y reconocen la importancia biológica y económica que conlleva.

Finalmente, cabe recalcar que durante este proyecto únicamente se utilizó revisión científica para la recopilación de reportes de ZCA. Sin embargo, para futuros estudios es importante realizar encuestas y entrevistas a los pescadores y comunidades cercanas para aumentar el número de reportes de ZCA en el PET. Este proyecto ofrece ser una línea base para futuras investigaciones de ZCA de las especies de las que aún no se conoce y para futuras implementaciones o expansiones de AMP que busquen la conservación de estas áreas en particular.

CONCLUSIONES

Este estudio resalta la importancia de la identificación de las zonas de crianza y anidación dentro de la región del Pacífico Este Tropical y pone a consideración los vacíos de información que aún existen de muchas especies de gran importancia ecosistémica y económica. Para futuras investigaciones se debería combinar la revisión de literatura junto con entrevistas a pescadores o comunidades locales que puedan aumentar el número de reportes de zonas de crianza y anidación de la región. Las zonas de crianza y anidación mapeadas durante este proyecto pueden ser usadas como línea base para futuras

investigaciones y para la implementación o expansión de áreas marinas protegidas. Sin embargo, es importante incluir a las comunidades aledañas dentro de los planes de conservación y gestión sostenible de forma que sea un esfuerzo conjunto y la protección de estas áreas de los resultados esperados tomando en cuenta las amenazas individuales a las que se enfrentan estas áreas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alava, J. J., Barragán, M. J., & Denkinger, J. (2012). Assessing the impact of bycatch on Ecuadorian humpback whale breeding stock: A review with management recommendations. *Ocean & Coastal Management*, *57*, 34-43.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.11.003>
- Avila, I. C., Correa, L. M., & Parsons, E. C. M. (2015). Whale-Watching Activity in Bahía Málaga, on the Pacific Coast of Colombia, and its Effect on Humpback Whale (Megaptera Novaeangliae) Behavior. *Tourism in Marine Environments*, *11*(1), 19-32.
<https://doi.org/10.3727/154427315X14398263718394>
- Budiantoro, A., Retnaningdyah, C., Hakim, L., & Leksono, A. S. (2019). The Sustainable Ecotourism Potential Development With Special Reference to Oliveridley Sea Turtle (Lepidochelys olivacea) Along Bantul Beaches, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *391*(1), 012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/391/1/012069>
- Cáceres-Farias, L., Reséndiz, E., Espinoza, J., Fernández-Sanz, H., & Alfaro-Núñez, A. (2022). Threats and Vulnerabilities for the Globally Distributed Olive Ridley (Lepidochelys olivacea) Sea Turtle: A Historical and Current Status Evaluation. *Animals*, *12*(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/ani12141837>
- Carreras, C., Pascual, M., Tomás, J., Marco, A., Hochscheid, S., Castillo, J. J., Gozalbes, P., Parga, M., Piovano, S., & Cardona, L. (2018). Sporadic nesting reveals long distance colonisation in the philopatric loggerhead sea turtle (Caretta caretta). *Scientific Reports*, *8*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19887-w>
- Cisneros-Montemayor, A. M., Becerril-García, E. E., Berdeja-Zavala, O., & Ayala-Bocos, A. (2020). Chapter Three - Shark ecotourism in Mexico: Scientific research,

- conservation, and contribution to a Blue Economy. En D. Lowry & S. E. Larson (Eds.), *Advances in Marine Biology* (Vol. 85, pp. 71-92). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/bs.amb.2019.08.003>
- Córdova, F., Páez, V., & Hearn, A. (s. f.). *A characterization of the Eastern Tropical Pacific Area: Oceanography, biogeography and species conservation status*.
- Doughty, C. E., Roman, J., Faurby, S., Wolf, A., Haque, A., Bakker, E. S., Malhi, Y., Dunning, J. B., & Svenning, J.-C. (2016). Global nutrient transport in a world of giants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(4), 868-873.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1502549112>
- Fiedler, P. C., & Lavín, M. F. (2017). Oceanographic Conditions of the Eastern Tropical Pacific. En P. W. Glynn, D. P. Manzello, & I. C. Enochs (Eds.), *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment* (pp. 59-83). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_3
- Fish, M. R., Côté, I. M., Horrocks, J. A., Mulligan, B., Watkinson, A. R., & Jones, A. P. (2008). Construction setback regulations and sea-level rise: Mitigating sea turtle nesting beach loss. *Ocean & Coastal Management*, *51*(4), 330-341.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2007.09.002>
- Granja-Fernández, R., Maya-Alvarado, B., Rodríguez-Zaragoza, F. A., & López-Pérez, A. (2023). Ophiuroidea (Echinodermata) diversity partitioning across the eastern tropical Pacific. *Regional Studies in Marine Science*, *60*, 102835.
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102835>
- Grorud-Colvert, K., Sullivan-Stack, J., Roberts, C., Constant, V., Horta e Costa, B., Pike, E. P., Kingston, N., Laffoley, D., Sala, E., Claudet, J., Friedlander, A. M., Gill, D. A., Lester, S. E., Day, J. C., Gonçalves, E. J., Ahmadi, G. N., Rand, M., Villagomez, A., Ban, N. C., ... Lubchenco, J. (2021). The MPA Guide: A framework to achieve

global goals for the ocean. *Science*, 373(6560), eabf0861.

<https://doi.org/10.1126/science.abf0861>

Guidino, C., Llapapasca, M. A., Silva, S., Alcorta, B., & Pacheco, A. S. (2014). Patterns of Spatial and Temporal Distribution of Humpback Whales at the Southern Limit of the Southeast Pacific Breeding Area. *PLOS ONE*, 9(11), e112627.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112627>

Harned, S. P., Bernard, A. M., Salinas-de-León, P., Mehloose, M. R., Suarez, J., Robles, Y., Bessudo, S., Ladino, F., López Garo, A., Zanella, I., Feldheim, K. A., & Shivji, M. S. (2022). Genetic population dynamics of the critically endangered scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) in the Eastern Tropical Pacific. *Ecology and Evolution*, 12(12), e9642. <https://doi.org/10.1002/ece3.9642>

Heupel, M. R., Carlson, J. K., & Simpfendorfer, C. A. (2007). Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization and assumptions. *Marine Ecology Progress Series*, 337, 287-297. <https://doi.org/10.3354/meps337287>

Heupel, M. R., Kanno, S., Martins, A. P. B., Simpfendorfer, C. A., Heupel, M. R., Kanno, S., Martins, A. P. B., & Simpfendorfer, C. A. (2018). Advances in understanding the roles and benefits of nursery areas for elasmobranch populations. *Marine and Freshwater Research*, 70(7), 897-907. <https://doi.org/10.1071/MF18081>

IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (Versión 1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3831673>

Klimley, A. P., Arauz, R., Bessudo, S., Chávez, E. J., Chinacalle, N., Espinoza, E., Green, J., Hearn, A. R., Hoyos-Padilla, M. E., Nalesso, E., Ketchum, J. T., Fischer, C., Ladino, F., Shillinger, G., Soler, G., Steiner, T., & Peñaherrera-Palma, C. (2022). Studies of the movement ecology of sharks justify the existence and expansion of marine

- protected areas in the Eastern Pacific Ocean. *Environmental Biology of Fishes*, 105(12), 2133-2153. <https://doi.org/10.1007/s10641-021-01204-6>
- López-Angarita, J., Tilley, A., Hawkins, J. P., Pedraza, C., & Roberts, C. M. (2018). Land use patterns and influences of protected areas on mangroves of the eastern tropical Pacific. *Biological Conservation*, 227, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.020>
- López-Angarita, J., Villate-Moreno, M., Díaz, J. M., Cubillos-M, J. C., & Tilley, A. (2021). Identifying nearshore nursery habitats for sharks and rays in the Eastern Tropical Pacific from fishers' knowledge and landings. *Ocean & Coastal Management*, 213, 105825. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105825>
- Martin, S. L., Ballance, L. T., & Groves, T. (2016). An Ecosystem Services Perspective for the Oceanic Eastern Tropical Pacific: Commercial Fisheries, Carbon Storage, Recreational Fishing, and Biodiversity. *Frontiers in Marine Science*, 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2016.00050>
- Marineregions.org. (18 de 11 de 2019). *World EEZ v11 shapefile*. Obtenido de <https://www.marineregions.org/downloads.php>
- Mazaris, A. D., Matsinos, G., & Pantis, J. D. (2009). Evaluating the impacts of coastal squeeze on sea turtle nesting. *Ocean & Coastal Management*, 52(2), 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.10.005>
- McClain, M. A., Hammerschlag, N., Gallagher, A. J., Drymon, J. M., Grubbs, R. D., Guttridge, T. L., Smukall, M. J., Frazier, B. S., & Daly-Engel, T. S. (2022). Age-Dependent Dispersal and Relatedness in Tiger Sharks (*Galeocerdo cuvier*). *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.900107>
- Pimiento, C., Leprieur, F., Silvestro, D., Lefcheck, J. S., Albouy, C., Rasher, D. B., Davis, M., Svenning, J.-C., & Griffin, J. N. (2020). Functional diversity of marine

megafauna in the Anthropocene. *Science Advances*, 6(16), eaay7650.

<https://doi.org/10.1126/sciadv.aay7650>

Queiroz, N., Humphries, N. E., Mucientes, G., Hammerschlag, N., Lima, F. P., Scales, K. L., Miller, P. I., Sousa, L. L., Seabra, R., & Sims, D. W. (2016). Ocean-wide tracking of pelagic sharks reveals extent of overlap with longline fishing hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(6), 1582-1587.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1510090113>

Quintanilla, S., Gómez, A., Mariño-Ramírez, C., Sorzano, C., Bessudo, S., Soler, G., Bernal, J. E., & Caballero, S. (2015). Conservation Genetics of the Scalloped Hammerhead Shark in the Pacific Coast of Colombia. *Journal of Heredity*, 106(S1), 448-458.

<https://doi.org/10.1093/jhered/esv050>

Ransome, N., Loneragan, N. R., Medrano-González, L., Félix, F., & Smith, J. N. (2021). Vessel Strikes of Large Whales in the Eastern Tropical Pacific: A Case Study of Regional Underreporting. *Frontiers in Marine Science*, 8.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.675245>

Spalding, M. (2010). *World Atlas of Mangroves*. Routledge.

Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M., Halpern, B. S., Jorge, M. A., Lombana, A., Lourie, S. A., Martin, K. D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C. A., & Robertson, J. (2007). Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience*, 57(7), 573-583.

<https://doi.org/10.1641/B570707>

Spalding et al. (2007). *Marine Ecoregions of the World, MEOW*. Obtenido de [Marineregions.org: https://www.marineregions.org/downloads.php](https://www.marineregions.org/downloads.php)

UNEP-WCMC and IUCN (2023), Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) [Online], May 2023, Cambridge, UK: UNEP-WCMC and IUCN. Available at: www.protectedplanet.net.

Zavaleta-Lizárraga, L., & Morales-Mávil, J. E. (2013). Nest site selection by the green turtle (*Chelonia mydas*) in a beach of the north of Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(3), 927-937. <https://doi.org/10.7550/rmb.31913>

Anexo A: Archivos Arcgis pro

Link One Drive con shapefiles de áreas protegidas, zonas económicas exclusivas y región del Pacífico Este Tropical. Archivo del mapa realizado en el programa Arcgis pro

[Shapefiles proyecto](#)