

# ESTUDIO PREVIO JUSTIFICATIVO PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA



Parque Nacional  
**BAJOS DEL NORTE**  
GOLFO DE MÉXICO  
Octubre 2023



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**CONANP**  
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS  
NATURALES PROTEGIDAS



**Cítese:**

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2023. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Parque Nacional Bajos del Norte, México. 171 páginas, incluyendo 4 anexos.

Foto de portada: Archivo CONANP

El presente documento fue elaborado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por conducto de la Dirección General de Conservación con la participación de: Aurora del Carmen Romo Cervantes, Leonel Ruiz Paniagua, Alejandro Rendon Correa, Óscar Alberto López Sandoval, Jatziri Alejandra Calderón Chávez, Yolanda Rosalía Rojas Paredes, José Eulalio Castañeda Archundía, Ángel Alexis Camacho Villaseñor y María Fernanda Durón Romero.

**DIRECTORIO**

María Luisa Albores González  
*Titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*

Humberto Adán Peña Fuentes  
*Titular de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*

Gloria Fermina Tavera Alonso  
*Directora General de Conservación*

**AUTORIZÓ**

\_\_\_\_\_  
Humberto Adán Peña Fuentes  
*Titular de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*

**VALIDÓ**

\_\_\_\_\_  
Gloria Fermina Tavera Alonso  
*Directora General de Conservación*

**REVISÓ**

\_\_\_\_\_  
Lilián Irasema Torija Lazcano  
*Directora de Representatividad y Creación de Nuevas Áreas Naturales Protegidas*

Con fundamento en los artículos 67 fracción I, 69, fracción VIII y 72 fracción VI del Reglamento Interior de la SEMARNAT, publicado en Diario Oficial de la Federación el 27 de julio de 2022.





## Contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
I. INFORMACIÓN GENERAL.....	7
A) NOMBRE DEL ÁREA PROPUESTA.....	7
B) ENTIDAD FEDERATIVA Y MUNICIPIOS EN DONDE SE LOCALIZA EL ÁREA.....	7
C) SUPERFICIE.....	7
D) VÍAS DE ACCESO.....	7
E) MAPA(S) CON LA DESCRIPCIÓN LIMÍTROFE.....	7
F) NOMBRE DE LAS ORGANIZACIONES, INSTITUCIONES, ORGANISMOS GUBERNAMENTALES O ASOCIACIONES CIVILES PARTICIPANTES EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO PREVIO JUSTIFICATIVO.....	7
II. EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	11
A) DESCRIPCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS, ESPECIES O FENÓMENOS NATURALES QUE SE PRETENDEN PROTEGER.....	11
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	12
2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.....	22
B) RAZONES QUE JUSTIFIQUEN EL RÉGIMEN DE PROTECCIÓN.....	44
C) ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS, ESPECIES O FENÓMENOS NATURALES.....	46
D) RELEVANCIA, A NIVEL REGIONAL Y NACIONAL, DE LOS ECOSISTEMAS REPRESENTADOS EN EL ÁREA PROPUESTA.....	51
D.1) CONTRIBUCIÓN DEL ÁREA ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	53
E) ANTECEDENTES DE PROTECCIÓN DEL ÁREA.....	56
F) UBICACIÓN RESPECTO A LOS SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DETERMINADAS POR LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO).....	60
III. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA.....	63
A) CARACTERÍSTICAS HISTÓRICAS Y CULTURALES.....	63
B) ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS RELEVANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL.....	65
C) USOS Y APROVECHAMIENTOS, ACTUALES Y POTENCIALES DE LOS RECURSOS NATURALES.....	66
D) SITUACIÓN JURÍDICA DE LA TENENCIA DE LA TIERRA.....	77
E) PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN QUE SE HAYAN REALIZADO O QUE SE PRETENDAN REALIZAR.....	78
F) PROBLEMÁTICA ESPECIFICA QUE DEBA TOMARSE EN CUENTA.....	80
F.1) VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	83
G) CENTROS DE POBLACIÓN EXISTENTES AL MOMENTO DE ELABORAR EL ESTUDIO.....	93





IV. PROPUESTA DE MANEJO DEL ÁREA..... 94

    A) ZONIFICACIÓN Y SUBZONIFICACIÓN A QUE SE REFIEREN LOS ARTÍCULOS 47 BIS Y 47 BIS 1 DE LA LGEEPA..... 94

    B) TIPO O CATEGORÍA DE MANEJO ..... 98

    C) ADMINISTRACIÓN ..... 99

    D) OPERACIÓN ..... 100

    E) FINANCIAMIENTO ..... 102

V. BIBLIOGRAFÍA ..... 103

VI. ANEXOS ..... 131

    ANEXO 1. LISTA DE COORDENADAS ..... 131

    ANEXO 2. LISTA DE ESPECIES PRESENTES EN LA PROPUESTA DE PN BAJOS DEL NORTE..... 133

    PROCARIONTES..... 134

    ANEXO 3. LISTA DE ESPECIES EN CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010, PRESENTES EN LA PROPUESTA DE PN BAJOS DEL NORTE ..... 166

    ANEXO 4 FOTOGRAFÍAS DE ESPECIES Y ECOSISTEMAS..... 169





## INTRODUCCIÓN

Los océanos y su biodiversidad son fundamentales para el funcionamiento saludable del planeta, ya que suministran la mitad del oxígeno necesario para sustentar la vida en este, además de que absorben anualmente un 26 % de las emisiones de origen antropogénico de dióxido de carbono emitidas a la atmósfera (ONU, 2016a, Le Quere, 2015), estos ecosistemas cubren un tercio del planeta albergando más del 25 % de la biodiversidad mundial y alrededor del 90 % de su biomasa (Birkeland, 1997).

Los arrecifes de coral son ecosistemas presentes en menos del 1 % del océano, sin embargo, son el hogar de aproximadamente una cuarta parte de las especies marinas del mundo (Reaka-Kudla, 1997). Los arrecifes de coral podrían considerarse como “guarderías” al presentar las condiciones ideales para la reproducción de gran variedad de peces, invertebrados y otras formas de vida, por lo que hacen posible el mantenimiento de gran parte de la biodiversidad de los océanos. Entre las estrategias prioritarias de las políticas ambientales en México se destaca la protección de ecosistemas marinos valiosos, relevantes y representativos del país.

En las costas de México, tanto en el Océano Pacífico como en el Mar Caribe y el Golfo de México, se distribuye una enorme biodiversidad de especies que conforman diferentes ecosistemas. Al sur del Golfo de México, se encuentra el Banco de Campeche, una de las regiones marinas más importantes por su riqueza biológica. La región se caracteriza por una combinación de factores geomorfológicos, edáficos y ecológicos que propician la presencia de ecosistemas diversos como manglares, lagunas costeras y arrecifes de coral de barrera y profundos (Isbele et al., 2015; Peters et al., 2021, Caso et al., 2004), además de ser una zona de ecotono entre el Golfo de México y el Mar Caribe, lo cual permite una mezcla de especies marinas única en el país.

En el Banco de Campeche se encuentran dos de las más grandes estructuras coralinas de todo el sur del Golfo de México. La primera es el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA), un conjunto de zonas arrecifales constituidas por cinco islas (Pájaros, Chica, Pérez, Muertos y Desterrada). La segunda zona, caracterizada por una serie de estructuras arrecifales no continuas, son los arrecifes de Bajos del Norte, ubicada a 100 km al noreste del PNAA y aproximadamente a 240 km de Puerto Progreso, una zona arrecifal con creciente interés científico, que tradicionalmente ha representado un área pesquera de importancia por la diversidad de especies comerciales que alberga. (Oceana, 2022; Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón, 2011; Tuz-Sulub & Brulé, 2015; Salas et al., 2019b).

Los arrecifes de Bajos del Norte han sido poco estudiados y actualmente no cuentan con un estatus oficial de protección, sin embargo, debido a sus características biológicas reportadas y su importancia para la actividad pesquera se consideran prioritarios para la conservación de la vida marina, así como un laboratorio vivo para la investigación de los recursos naturales y actividades socioeconómicas sustentables. Los Bajos del Norte corresponden a estructuras coralinas que conforman organizaciones biológicas creadas a partir de la sobreposición del crecimiento de corales duros a lo largo del tiempo, que se localizan a profundidades desde 5 m y hasta más de 20 m de profundidad y que comúnmente se les denomina “bajos” (Mascareñas-Osorio et al., 2019). Estos bajos se encuentran acompañados de





fondos rocosos y arenosos conformados mediante procesos marinos y atmosféricos durante las variaciones de temperatura y nivel del mar ocurridas durante el cuaternario (Bryant et al., 1969).

Debido a la lejanía del continente el acceso a los arrecifes es mínimo reduciendo el impacto humano, en comparación con los arrecifes más cercanos a las costas, sin embargo, hay algunas amenazas como la prevalencia de enfermedades coralinas, incrementadas por el cambio climático global y el calentamiento de las aguas, y la presencia de especies invasoras depredadoras del ecosistema como el pez león; por lo que es importante protegerlos a través de las herramientas de política pública y planeación para su protección. Los arrecifes de Bajos del Norte son importantes en el sustento de ingresos para cientos de familias dedicadas a la pesca de especies comerciales, principalmente mero, huachinango, langosta y pulpo, al ser sitios de reproducción de estas especies.

Los arrecifes de Bajos del Norte forman parte de un modelo de conectividad arrecifal generado por las corrientes marinas en el cual se incluyen los arrecifes del Caribe Mexicano, los localizados en la Península de Yucatán y aquellos que se distribuyen en el Golfo de México en las costas de Veracruz de Ignacio de la Llave. Esta conectividad es uno de los fenómenos ecológicos más importantes para el establecimiento y continuidad de los ecosistemas de arrecife, en ella sucede un intercambio de crías entre las poblaciones de larvas por medio de la dispersión; reclutamiento de los organismos jóvenes y su supervivencia hasta la edad reproductiva y cualquier movimiento de gran escala de los organismos jóvenes y los adultos entre diferentes ubicaciones, además del flujo genético responsable del futuro mantenimiento y diversidad de las poblaciones que habitan en estos ecosistemas.

La propuesta de área natural protegida (ANP) promoverá la conservación de los hábitats de más de 600 especies, entre ellas seis especies de invertebrados y 17 vertebrados que se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la “Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010 y en la “Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019 (NOM-059-SEMARNAT-2010). Asimismo, la propuesta de Parque Nacional Bajos del Norte (PN Bajos del Norte) brindará protección a especies consideradas prioritarias para la conservación, que son además emblemáticas de los mares mexicanos, como el tiburón ballena y la tortuga carey.

La importancia de la biodiversidad de los océanos para el desarrollo sostenible es esencial, siendo un aspecto fundamental de los tres pilares económico, social y ambiental, mantiene el funcionamiento saludable del planeta y proporciona servicios ambientales que sustentan la salud, el bienestar y el desarrollo de las comunidades humanas (ONU, 2016b).

Finalmente, con el objetivo de asegurar la calidad de la información, se realizó un procedimiento de validación nomenclatural y de la distribución geográfica de las especies utilizando referentes actualizados de información especializada, por lo que solo se integran nombres científicos aceptados y válidos conforme a los sistemas de clasificación y catálogos de autoridades taxonómicas





correspondientes a cada grupo biológico. En virtud de lo anterior, es posible que la nomenclatura actualizada no coincida con la contenida en los instrumentos normativos a los que se hace referencia en el presente documento, por lo cual, en las listas de especies se realizó una anotación para aclarar la correspondencia de los nombres científicos. En cuanto a los nombres comunes, al ser una característica biocultural que depende del conocimiento ecológico tradicional de las comunidades locales, y debido a que, por efecto del sincretismo cultural, están sujetos a variaciones lingüísticas y gramaticales, no existe un marco normativo que regule su asignación, por lo que se priorizó el uso de nombres comunes locales recopilados durante el trabajo de campo.





## **I. INFORMACIÓN GENERAL**

### **A) NOMBRE DEL ÁREA PROPUESTA**

Parque Nacional Bajos del Norte

Cabe mencionar que el nombre de la propuesta hace referencia a la batimetría del sitio que presenta “zonas bajas” cuyas características permiten la presencia de ecosistemas de arrecifes de coral.

### **B) ENTIDAD FEDERATIVA Y MUNICIPIOS EN DONDE SE LOCALIZA EL ÁREA**

La propuesta de área natural protegida Parque Nacional (PN) Bajos del Norte está localizada en el área conocida como Banco de Campeche en el Golfo de México, aproximadamente a 240 km (135 millas náuticas (mn)) al noreste del Puerto de Progreso y a 200 km (108 mn) al noreste del puerto de Dzilam de Bravo (Figura 1)

### **C) SUPERFICIE**

La propuesta de PN Bajos del Norte abarca una superficie total de 1,304,114-89-16.00 ha (UN MILLÓN TRESCIENTAS CUATRO MIL CIENTO CATORCE HECTÁREAS, OCHENTA Y NUEVE ÁREAS, DIECISÉIS CENTIÁREAS); las cuales corresponden 100 % a la zona marina dentro de la Zona Económica Exclusiva.

### **D) VÍAS DE ACCESO**

La única vía de acceso a la propuesta de PN Bajos del Norte es por vía marítima, partiendo desde puertos de abrigo apropiados para embarcaciones de mediana altura y mayores a 12 m de eslora, ubicados en los municipios Progreso y Dzilam de Bravo en el estado de Yucatán.

### **E) MAPA(S) CON LA DESCRIPCIÓN LIMÍTROFE**

Las coordenadas extremas donde se localiza la propuesta de PN Bajos del Norte son Y máxima: 2,633,227.64; Y mínima: 2,453,066.23 y X máxima: 389,645.04, X mínima: 192,697.93, en una proyección UTM, zona 16 norte. Comprende una extensión submarina delimitada por isobatas de entre 20 y 140 m de profundidad y limita al sureste con la poligonal del Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA) (Figura 3). La lista de coordenadas completa se presenta en el Anexo 1.

### **F) NOMBRE DE LAS ORGANIZACIONES, INSTITUCIONES, ORGANISMOS GUBERNAMENTALES O ASOCIACIONES CIVILES PARTICIPANTES EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO PREVIO JUSTIFICATIVO**

El presente estudio fue elaborado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).



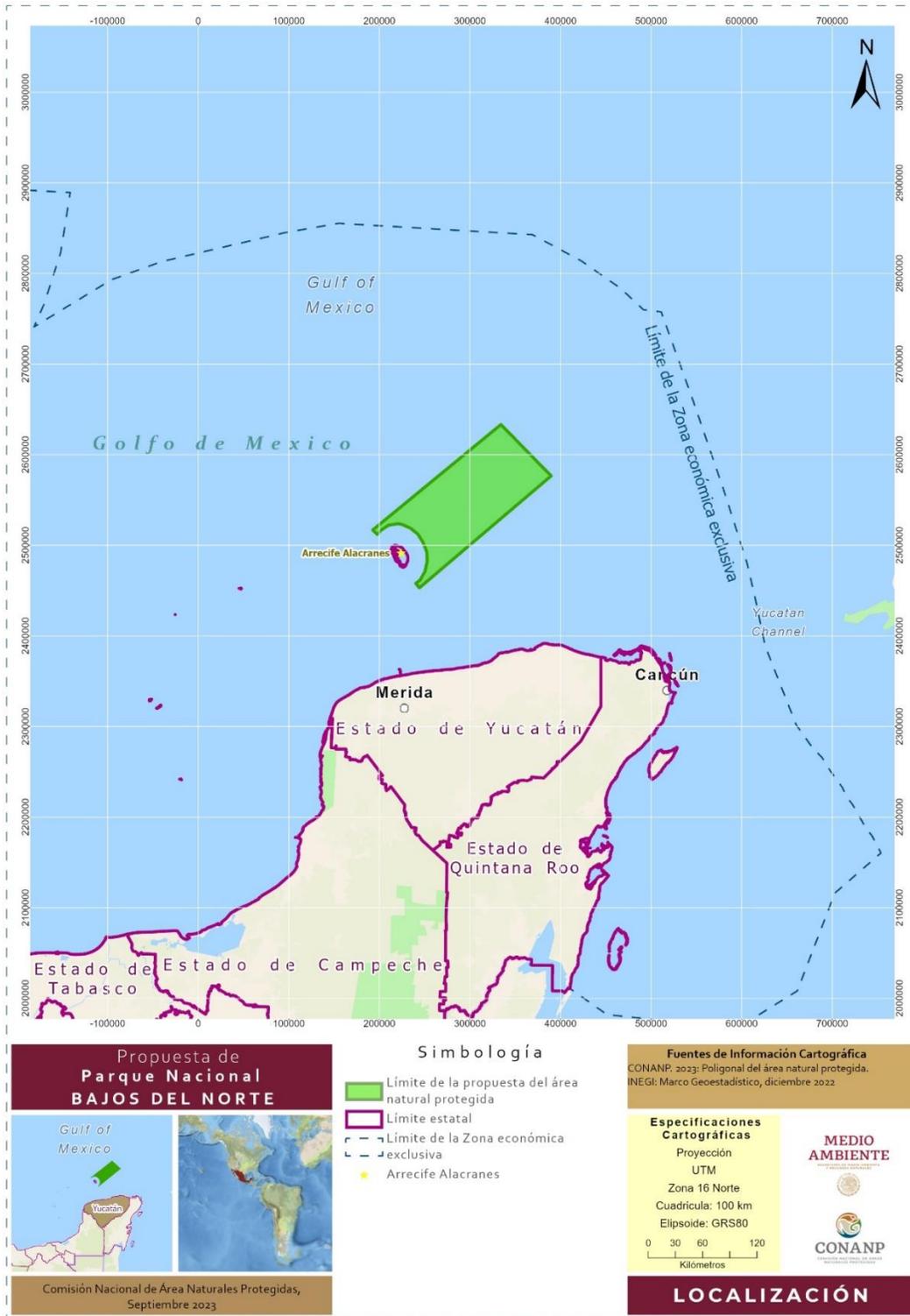


Figura 1. Ubicación de la propuesta de PN Bajos del Norte



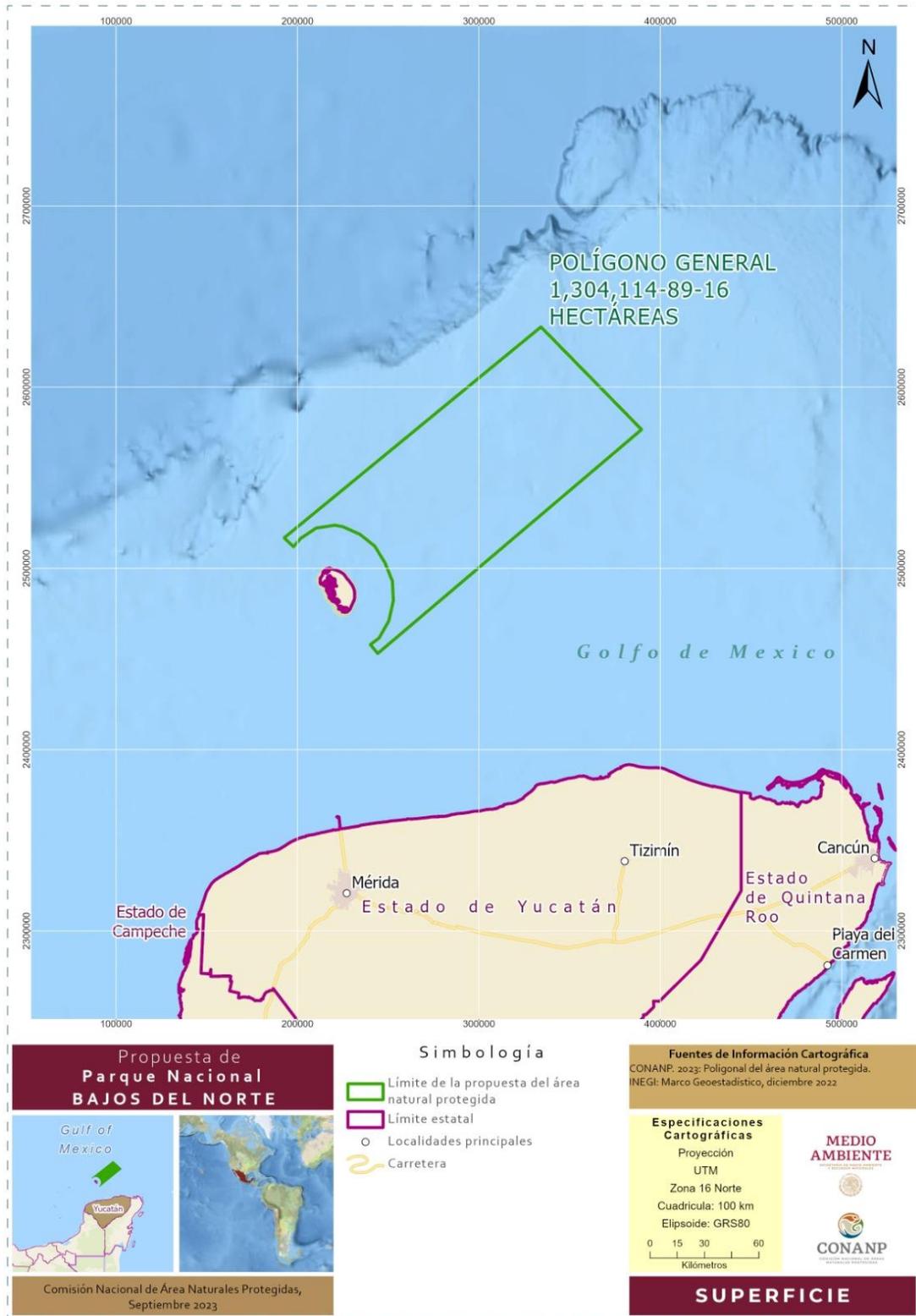


Figura 2. Superficie total de la propuesta de PN Bajos del Norte





Figura 3. Descripción limitrofe de la propuesta de PN Bajos del Norte





## II. EVALUACIÓN AMBIENTAL

### A) DESCRIPCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS, ESPECIES O FENÓMENOS NATURALES QUE SE PRETENDEN PROTEGER

El área donde se ubica la propuesta de PN Bajos del Norte es conocida como el Banco de Campeche, refiriéndose a la plataforma continental que se extiende alrededor de la península de Yucatán aproximadamente entre los 18° y 24° de latitud Norte y los 87° y 93° de longitud Oeste (Piñeiro, et al., 2001) ; en esta región se ha descrito una enorme diversidad de especies, entre las que destacan algas, medusas, peces óseos y cartilagosos (190 especies de peces óseos y siete cartilagosos), 86 especies de crustáceos, 56 de moluscos y 62 de equinodermos. El registro de grandes depredadores, como los tiburones, es señal de un sitio saludable al tener la capacidad de mantener al eslabón más alto en la cadena alimenticia lo que implica la presencia de cadenas tróficas complejas. Asimismo, la presencia de diversas especies de corales da indicios de un hábitat saludable que aún mantiene sus condiciones ambientales sin alteraciones. Sin embargo, la diversidad ambiental y dinámica de los procesos que ocurren dentro de la propuesta de PN Bajos del Norte han sido escasamente estudiadas y son pocos los documentos que presentan información centrada específicamente en esta región.

Al centro del polígono de la propuesta de PN Bajos del Norte se localiza un área circular de aproximadamente 192 km de longitud y una superficie de 292,318 ha; con profundidades entre los 10 y 80 m, con un promedio 40 m; en esta zona se ubican los arrecifes conocidos como Bajos del Norte, mismos que conceden el nombre propuesto para esta ANP (Figura 4). Para el resto del polígono se tienen registradas profundidades que van de entre los 60 y 140 m. El paisaje marino a estas profundidades suele estar caracterizado por suelos rocosos y la plataforma calcárea que identifica a toda la región del Banco de Campeche (Isbele et al., 2015).



*Figura 4. Formaciones arrecifales en el sitio de la propuesta de PN Bajos del Norte (Oceana, 2022)*





El sistema arrecifal presente en Bajos del Norte, incluido el que se distribuye dentro de la propuesta del PN Bajos del Norte, se caracteriza por sus formas estructurales complejas, con elevaciones de arrecifes creadas a partir del crecimiento y superposición de corales duros y material biológico calcificado a lo largo de miles de años de formación. A profundidades entre 5 a 20 m de profundidad, se observan estructuras regulares de colinas de dimensiones variables tanto en longitud como altura, y en profundidades mayores a los 20 m se presentan extensos arenales con pequeños montículos dispersos de corales duros y blandos (Mascareñas-Osorio et al., 2019).

En áreas mayores a 20 m y hasta los 60 m de profundidad se observan extensas planicies de arenales con montículos dispersos de corales duros y blandos, así como material rocoso y sedimentos que caracterizan la plataforma calcárea del Banco de Campeche (Isbele et al., 2015). La fotogrametría arrecifal realizada en el 2022 (Oceana, 2022) identificó el relieve del fondo, con lo que se destacó la complejidad de la estructura de los arrecifes en Bajos del Norte, resaltando la alta rugosidad que conforma el arrecife, característica importante en el ecosistema, ya que brinda servicios de refugio y protección contra depredadores para las especies que habitan en estas zonas.

## **1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

### **1.1 FISIOGRAFÍA Y BATIMETRÍA**

El polígono propuesto del PN Bajos del Norte comprende una extensión submarina delimitada por isobatas de entre 20 y 160 m de profundidad (Tuz-Sulub, 2007). Las elevaciones coralinas forman franjas con estructuras de elevación irregular tanto en longitud como altura a lo largo del talud continental. En Bajos del Norte todas las estructuras coralinas quedan cubiertas por el mar (Enríquez et al., 2013) y son parte de los fondos que confieren la profundidad del área.

Las estructuras coralinas en la propuesta de PN Bajos del Norte conforman organizaciones biológicas creadas a partir de la sobreposición del crecimiento de corales duros a lo largo del tiempo, que se localizan a profundidades desde 5 m y hasta más de 20 m de profundidad (Mascareñas-Osorio et al., 2019). A profundidades de 40 hasta 180 m se ubican fondos rocosos y arenosos conformados mediante procesos marinos y atmosféricos durante las variaciones de temperatura y nivel del mar, ocurridas durante el cuaternario (Bryant et al., 1969) (Figura 5). Estudios recientes (Oceana, 2022; Peters et al., 2021) han caracterizado los fondos de entre 20 y 200 m, en puntos geográficos que incluyen la propuesta del PN Bajos del Norte, destacando la complejidad de la estructura de los fondos en esta zona. Los arrecifes del Banco de Campeche, incluidos los presentes en la propuesta de PN Bajos del Norte, se caracterizan por estar relativamente alejados de la costa y presentan baja actividad humana.



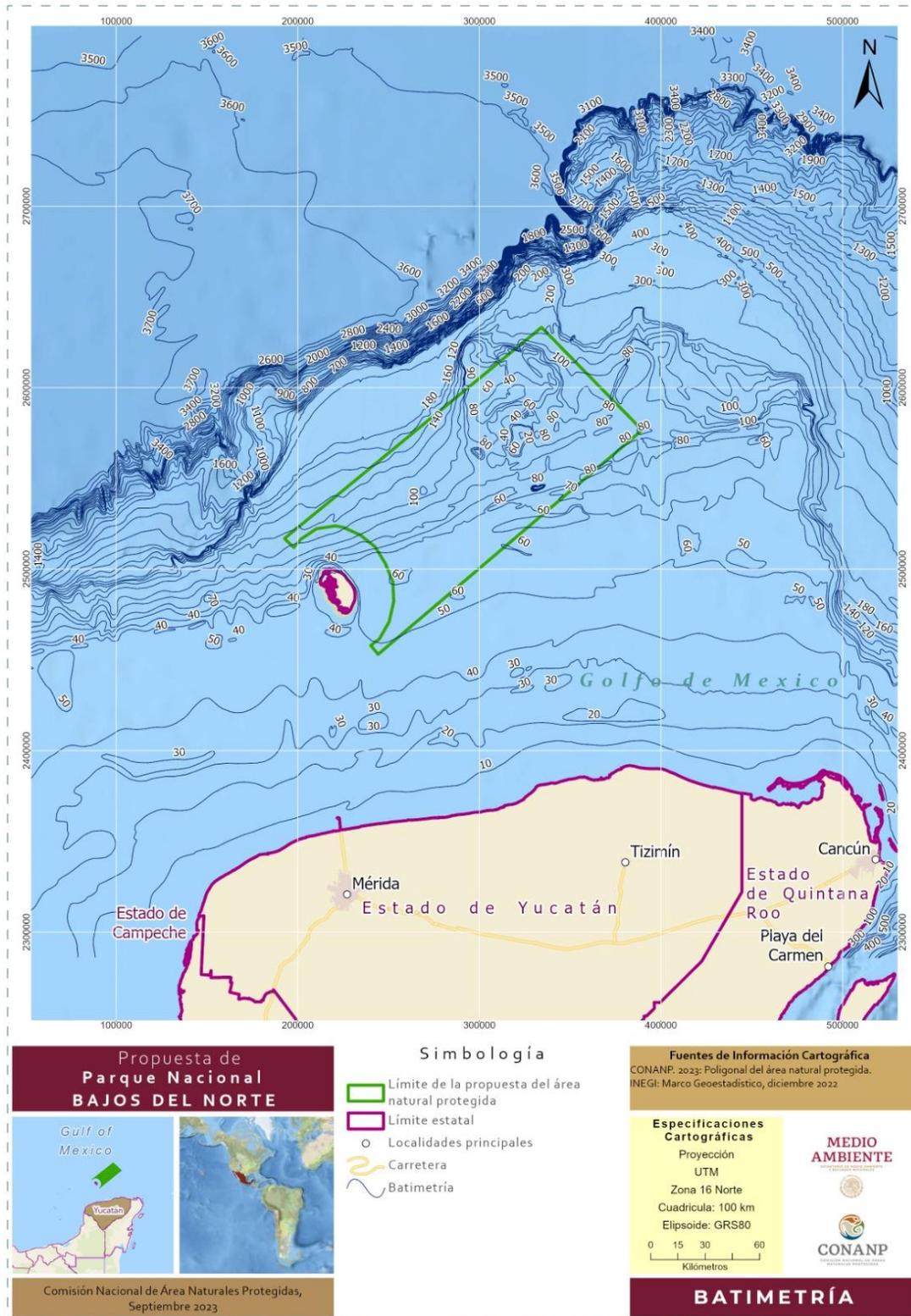


Figura 5. Batimetría de la propuesta de PN Bajos del Norte



### 1.1.1 OCEANOGRAFÍA

#### Vientos

El Banco de Campeche se caracteriza por la presencia de los vientos alisios que transportan viento tropical que va de este a oeste a lo largo de la Península de Yucatán. Estos vientos transportan humedad y producen lluvias abundantes, especialmente al final del verano y principios de otoño (García, 1988; Strahler & Merali, 2008; Orellana et al., 2009). Durante los meses de verano (entre julio y agosto) los vientos en la Península de Yucatán son homogéneos y perpendiculares a la costa. En la temporada de secas (marzo a julio) los vientos dominantes son de tierra y, en conjunto con el transporte de Ekman, constituyen el mecanismo responsable de los eventos de surgencia que ocurren frente a la costa norte de la Península de Yucatán y que influyen a la propuesta de PN Bajos del Norte.

En los meses de mayo a noviembre las altas temperaturas generan las condiciones óptimas para la formación de ciclones y tormentas tropicales. En la temporada de invierno el viento proviene mayormente del norte y noreste por el efecto de frentes fríos, denominando a este tiempo “temporada de nortes”. En esta temporada, de noviembre a febrero, la característica más importante es la presencia dominante de fuertes vientos del norte; estos tienen una influencia determinante en el movimiento de las masas de agua (Oceana, 2021).

El campo de viento en el Banco de Campeche proviene mayormente del este, es homogéneo en toda la región, incluyendo a la propuesta de PN Bajos del Norte, la velocidad promedio es de 6.5 m/s (Figura 6). En temporada de nortes, frentes fríos y huracanes, estos logran alcanzar velocidades de hasta 26.6 m/s.

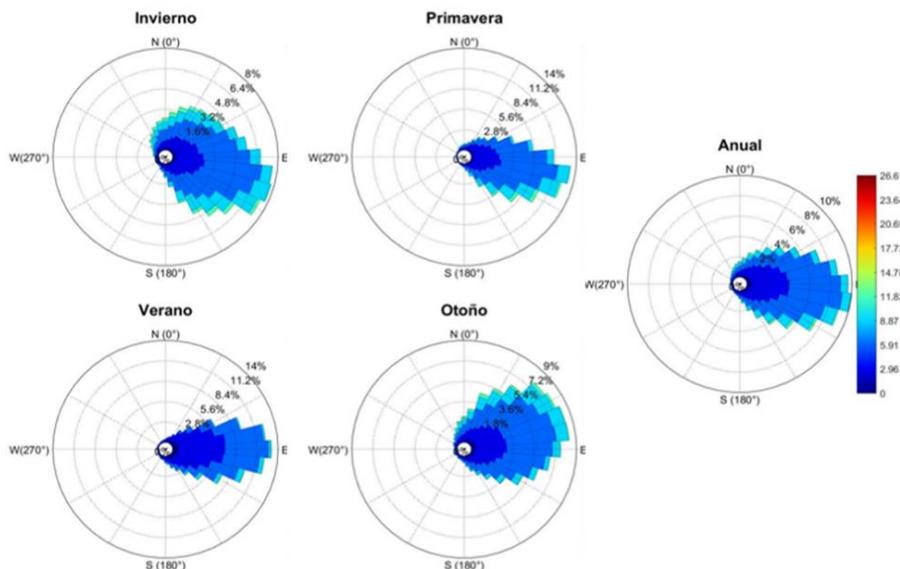


Figura 6. Rosa de viento anual y estacional en el Banco de Campeche y Bajos del Norte. Cada plumilla representa la dirección de donde viene el viento y la escala de colores azul-rojo representa la velocidad



promedio que va de 0 a 26.6 m/s. Durante todo el año el viento proviene mayormente del este, es homogéneo y su velocidad promedio es de 6.5 m/s. En temporada de huracanes, estos logran alcanzar velocidades de hasta 26.6 m/s (Vidal-Juárez, et al. 2021).

### Oleaje

El oleaje en el Banco de Campeche, que influencia la propuesta del PN Bajos del Norte, es conocido como tipo *swell*, también denominado mar de fondo, el cual se caracteriza por el oleaje que se propaga a través de la superficie del océano sin estar sometido a la acción del viento y se atenúa progresivamente hasta perder fuerza. El oleaje proviene mayormente del este, es espacialmente homogéneo en toda la zona con oleajes promedio de 1 m de altura y periodos de 5 s. Durante el invierno, el oleaje proviene mayormente del noreste, producto de la temporada de nortes con oleajes mayores a 2 m de altura. En el verano, el oleaje incide mayormente del este debido a los vientos alisios. En temporada de huracanes, estos pueden generar olas de hasta 9 m e incrementar el periodo a 14 s (Appendini et al., 2014). En las zonas de aguas profundas de la propuesta del PN Bajos del Norte, es decir, aquellas áreas donde la profundidad supera los 50 m, la altura de ola promedio es < 1.2 m y periodo promedio es de 6 s.

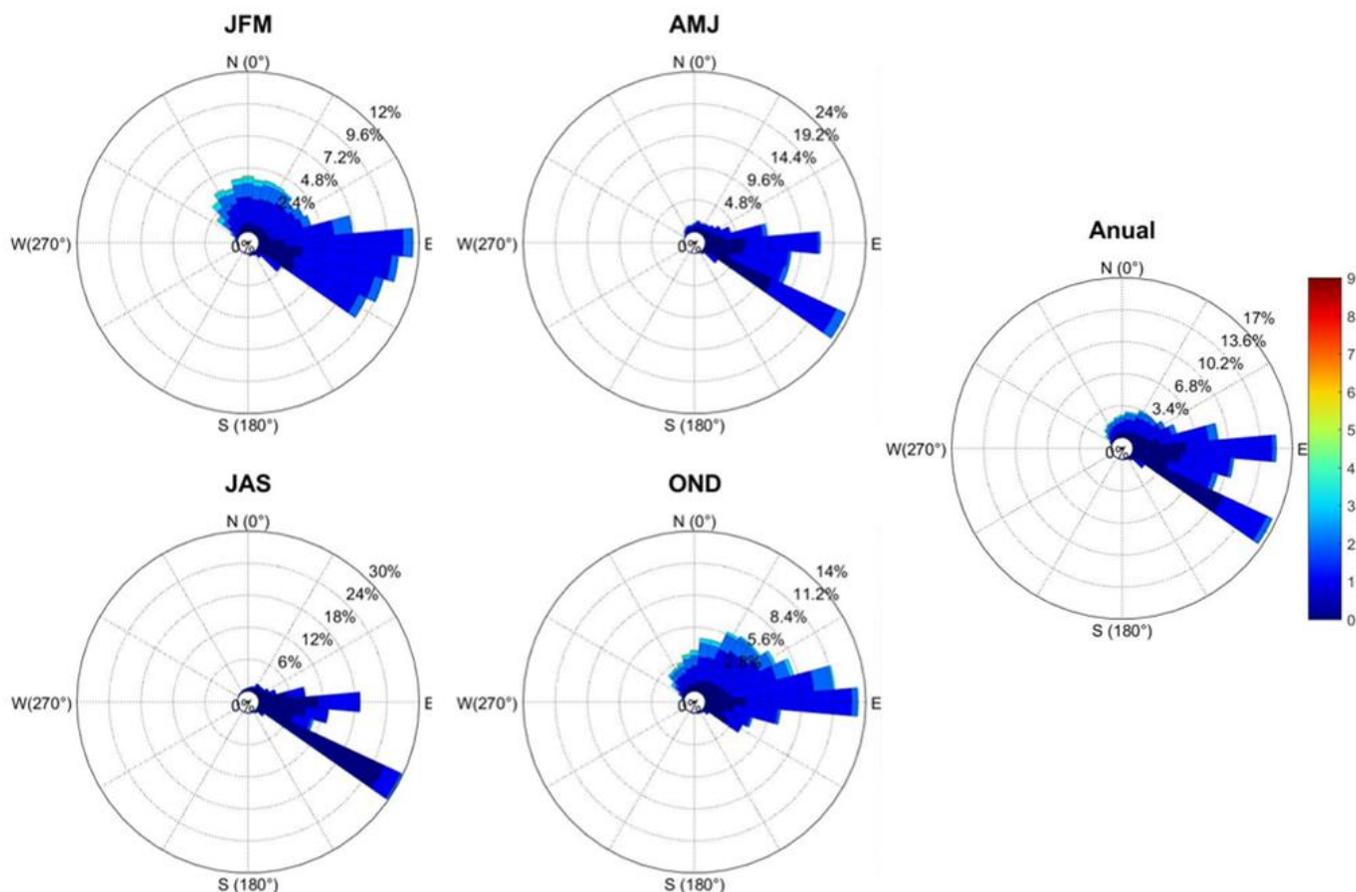


Figura 7. Rosa de oleaje anual y estacional en el Banco de Campeche y Bajos del Norte. La escala de colores azul-rojo representa la altura promedio de las olas que van de 0 a 9 m. JFM corresponde al invierno, AMJ a la primavera, JAS al verano y OND al otoño (Vidal-Juárez en prep).



### Circulación y procesos físicos

La circulación en el Banco de Campeche y en la propuesta de PN Bajos del Norte está caracterizada por dos movimientos principales: una corriente que va de norte a sur, producto de la corriente de Lazo, y la corriente litoral que va de este a oeste y recorre toda la plataforma.

Estas corrientes en conjunto con las irregularidades del fondo marino generan procesos de mezcla que permiten la recirculación del agua, y eventos de surgencia que provocan que las aguas cálidas y superficiales se desplacen hacia mar abierto, permitiendo que las aguas frías y ricas en nutrientes ocupen el espacio rápidamente dando lugar a zonas de alta productividad (Merino, 1992; Ruiz-Castillo, 2014; Enríquez & Mariño-Tapia, 2014).

La Figura 8 esquematiza el movimiento promedio del agua en los primeros 5 m de la columna de esta, en donde las flechas pequeñas indican la dirección e intensidad de la corriente. Por otro lado, el mapa de colores revela el movimiento vertical del agua de mar, en donde tonos azules muestran hundimiento y colores rojos, salidas verticales de agua. Al oriente de la plataforma continental, alrededor de Cabo Catoche, existe una zona importante donde agua rica en nutrientes emerge constantemente hacia la superficie, producto de la fricción que ejerce la corriente con el fondo. El agua rica en nutrientes que emerge en Cabo Catoche es distribuida de este a oeste a lo largo de la zona por la corriente litoral, propiciando un área de alta concentración de nutrientes, que da lugar a una gran diversidad de especies.

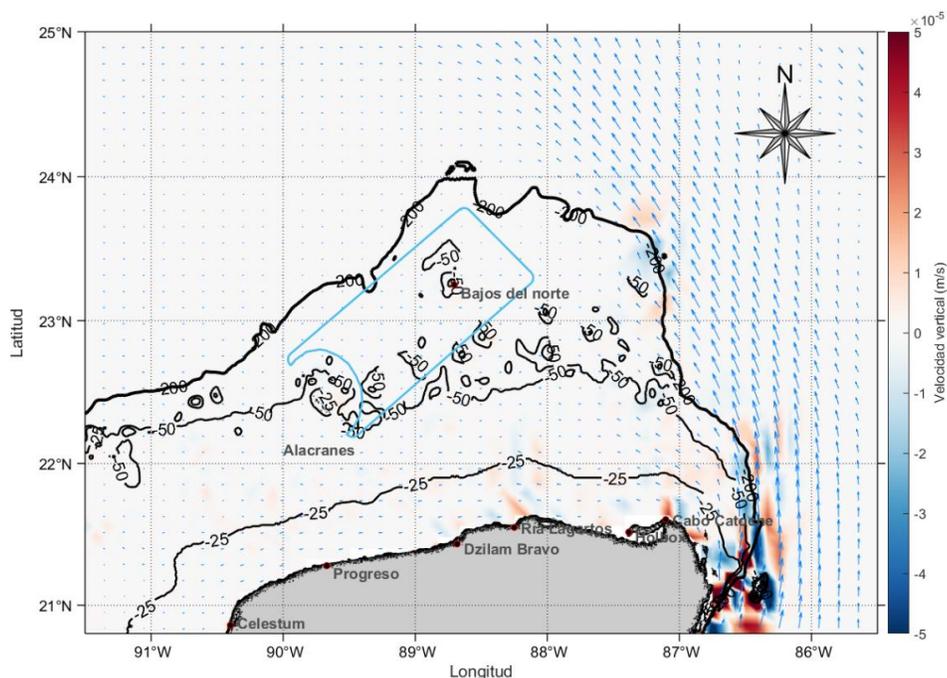


Figura 8. Promedio anual del campo de corrientes en el Banco de Campeche en los primeros 5 m de columna de agua y esquema del movimiento del mar. Los triángulos indican focos de mezcla (Oceana, 2022).



### *Salinidad de la capa superficial*

Tanto la salinidad como la temperatura son indicadores de las condiciones del agua. Ligar estas propiedades físicas del mar con aspectos biológicos y ecológicos es imprescindible, ya que existen organismos que son muy susceptibles a pequeños cambios en el ambiente. El trabajo de Enríquez et al., (2013) identifica que todas las masas de agua presentes en la zona costera de Yucatán mostraron variaciones pronunciadas con importantes efectos de dilución y salinización. Entre las masas de agua identificadas se encuentra (1) el Agua Subtropical Submarina del Caribe (csuw), observada en el fondo muy cerca de Cabo Catoche, y (2) una masa de agua tibia hipersalina que se origina en Yucatán debido a las altas temperaturas y tasas de evaporación llamada Agua de Mar de Yucatán (ysw). En la propuesta de PN Bajos del Norte convergen estas masas de agua y se presenta una salinidad promedio de 36 ppm.

### *Productividad Primaria Neta (PPN)*

La estimación de la PPN calculada a partir de imágenes satelitales se basa en el modelo BIOM, desarrollado en el *Bedford Institute of Oceanography* y por Platt & Sathyendranath (1988) muestra una concentración de clorofila en donde colores verdes indican concentraciones altas, y colores azules, concentraciones mínimas (Figura 9). A pesar de que el Banco de Campeche se considera un sistema oligotrófico (ambiente con niveles muy bajos de nutrientes), se resaltan ciertas áreas con índices significativos de concentración de PPN: el litoral costero, la región de Cabo Catoche, Arrecife Alacranes, la provincia de corales de agua fría y Bajos del Norte.

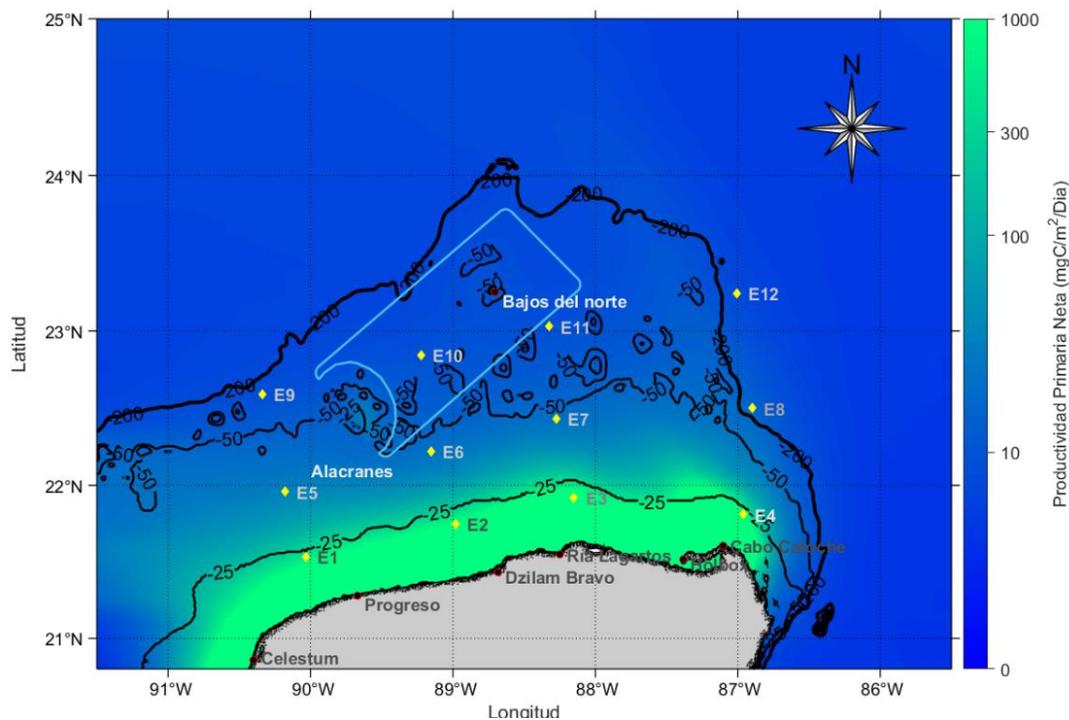


Figura 9. Mapa del promedio anual de la PPN.



## **1.2 GEOLOGÍA FÍSICA E HISTÓRICA**

La propuesta de PN Bajos del Norte está ubicada en la porción sur de la cuenca del Golfo de México, al norte de la Península de Yucatán, dicha cuenca está compuesta, en sus partes más profundas (entre los 10 y 15 km de profundidad) de rocas sedimentarias con un rango de edad que va desde el Triásico tardío hasta el holoceno (entre aproximadamente 230 millones de años y el presente), se cuenta con muy poca información sobre periodos anteriores, por tanto lo que se conoce para esta cuenca durante el Paleozoico, se infiere del estudio de áreas aledañas, la evidencia parece sugerir que durante este periodo el área formaba parte del supercontinente Pangea y que la cuenca del Golfo de México con su forma actual se formó en el Triásico tardío derivado de la separación de la placa Norte Americana de la Africana y Sudamericana y su posterior deriva que continua durante el Jurásico temprano y medio. (U.S. Fish & Wildlife Service, 2015).

La plataforma de Yucatán fue emergente hasta mediados del Cretácico, después de sumergirse, la formación de carbonatos y evaporitas ha caracterizado su historia geológica. La mayor parte de la cuenca estuvo bordeada durante el Cretácico Inferior por plataformas carbonatadas, y su flanco occidental estuvo involucrado durante el Cretácico Superior y el Terciario Inferior en un episodio de deformación compresiva, la Orogenia Laramide, que creó la Sierra Madre Oriental del este de México (Gore, 1992).

La Plataforma de Yucatán, que incluye la Península de Yucatán con exposición superficial, así como la plataforma sumergida asociada, está compuesta esencialmente de sedimentos de carbonato de calcio con una disposición plana, que datan del periodo Cretácico Tardío y que alcanzan alrededor de 3 a 4 kilómetros de espesor. También se presentan sedimentos evaporíticos en menor cantidad. La Península de Yucatán se caracteriza por un relieve bajo, con una altitud sobre el nivel del mar de 100 m o menos, y el paisaje se encuentra dominado por una topografía kárstica (CONANP, 2016).

En la porción amplia del norte y oeste de dicha Plataforma se ubica el Banco de Campeche, una zona donde se han establecido numerosos bancos arrecifales (Logan, 1969).

## **1.3 TIPOS DE SUELOS**

La plataforma marina interna y externa del Banco de Campeche, incluyendo la propuesta de PN Bajos del Norte, presenta rasgos kársticos. Está constituida mayormente por gruesos depósitos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), carbonato doble de calcio y magnesio ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), que constituyen a la roca caliza y dolomía respectivamente, así como evaporíticos y anhidritas ( $\text{CaSO}_4$ ), yesos ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) y halita ( $\text{NaCl}$ ). La plataforma interna va de la costa a la isobata de los 50 m de profundidad con sedimentos de arena media a fina (Logan et al, 1969; Aguayo-Camargo & Carranza-Edwards, 1991). La plataforma externa, que corresponde a la zona donde se ubica la propuesta de PN Bajos del Norte, inicia en el borde de las construcciones arrecifales (50 m de profundidad) y termina en la isobata de los 200 m.

## **1.4 FACTORES CLIMÁTICOS**

La región donde se localiza la propuesta de PN Bajos del Norte está influenciada por la climatología del Banco de Campeche por lo que los factores climáticos descritos para la región refieren también los procesos dentro del polígono propuesto como ANP.



### Temperatura de la capa superficial

El rango de temperatura promedio del mar, en un ciclo anual y en los primeros 5 m de la columna de agua, es variable en espacio y tiempo en la propuesta de PN de Bajos del Norte. La Temperatura Superficial del Mar (TSM) medida por los satélites proporciona una visión clara de la región superior del océano. La Figura 10 muestra un mapa de la temperatura promedio de Bajos del Norte, en donde colores azules indican agua fría y colores rojos, agua más caliente. De la climatología de temperatura se destaca lo siguiente:

- Durante los meses de mayo a octubre (temporada de lluvias) se observó la presencia de agua fría cerca de los 30 m de profundidad.
- La corriente de Lazo, aunque menos intensa en verano, es constante todo el año.
- La temperatura mínima promedio (22 °C) se presentó en primavera (febrero-abril).
- La temperatura máxima promedio (30 °C) se presentó en verano (agosto-octubre).

En la zona propuesta para el establecimiento del PN Bajos del Norte la temperatura promedio anual oscila entre 21 °C y 25 °C en la columna de agua y hasta 30 m de profundidad. Los reportes de temperatura in situ registrados durante 2019 y 2022 reportaron temperaturas entre 20 °C y 25 °C (Oceana 2021, Oceana, 2022).

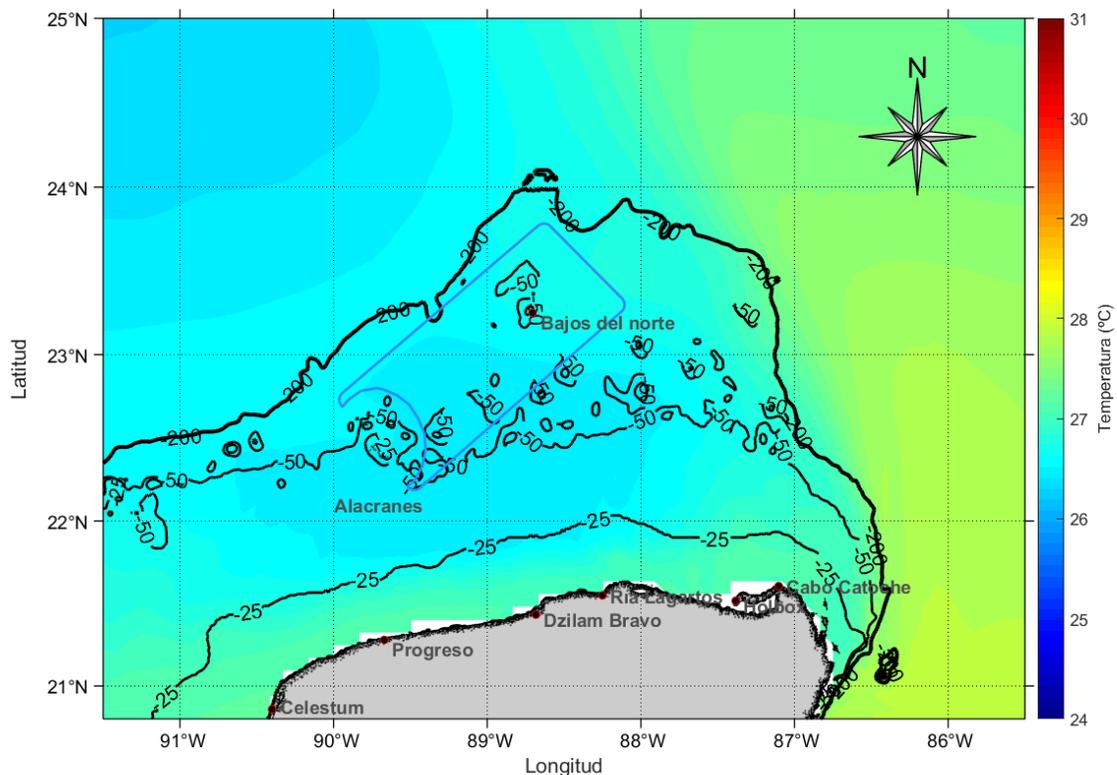


Figura 10. Promedio anual de temperatura en los primeros 5 m de la columna de agua (Oceana, 2021).



La temperatura superficial del mar de 10 años analizados (2009-2019) en el área de la propuesta de PN Bajos del Norte, ha mantenido una notable estabilidad en la última década, a diferencia de lo registrado en áreas más cercanas a la costa donde observa un aumento de temperatura de hasta medio grado centígrado (Oceana, 2021).

### *Temporada de huracanes*

Diversos estudios muestran que la intensidad de los huracanes ha aumentado con el tiempo y que esta seguirá incrementando entre 1 % y 10 % en relación con el aumento de la temperatura global (Appendini et al., 2019; NOAA, 2022), debido a los efectos del cambio climático (incremento de temperaturas y nivel medio del mar). Para la región del Atlántico se calcula que en promedio se presentan 6.2 tormentas al año, por lo que muchos arrecifes son impactados frecuentemente (Taylor & Alfaro, 2005).

Los huracanes de alta intensidad ocasionan un declive abrupto de la cobertura de coral vivo, de entre 15 % y hasta 60 % de la cobertura coralina, donde los sitios afectados no muestran una recuperación de la cobertura inmediata y solo se puede apreciar cambios hasta ocho años después (Gardner et al., 2005), periodo promedio de retorno de un huracán de alta intensidad. Además de la cobertura de coral, los huracanes han afectado la complejidad arrecifal, por lo que se estima que los arrecifes han perdido entre 3 % y 17 % de su rugosidad debido al impacto de un solo huracán (Álvarez-Filip et al., 2011).

A pesar de que los arrecifes coralinos son ecosistemas adaptados a las perturbaciones generadas por eventos atmosféricos, como los huracanes, las crecientes presiones ocasionadas por el cambio climático, las enfermedades emergentes y el desarrollo costero provocan factores de estrés que afectan su resiliencia (Nyström et al., 2000).

En la Figura 11 se observa el registro de trayectorias de tormentas tropicales y huracanes en la zona del Golfo y plataforma continental (de 1980 a 2022), de acuerdo con el boletín de los Centros Nacionales de Información Ambiental de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Solo se han considerado los ciclones tropicales que se definen y clasifican de acuerdo con la escala Saffir-Simpson, de velocidad y fuerza conforme a la siguiente escala:

- 0 = Tormenta tropical (63 - 116 km/h)
- 1 = Categoría 1 (117 - 153 km/h)
- 2 = Categoría 2 (154 - 177 km/h)
- 3 = Categoría 3 (178 - 209 km/h)
- 4 = Categoría 4 (210 - 249 km/h)
- 5 = Categoría 5 (>250 km/h)





Si bien existe el reporte del paso de tormentas y huracanes en la propuesta de PN Bajos del Norte, no hay reportes técnicos de los efectos que estos presentaron sobre esta.

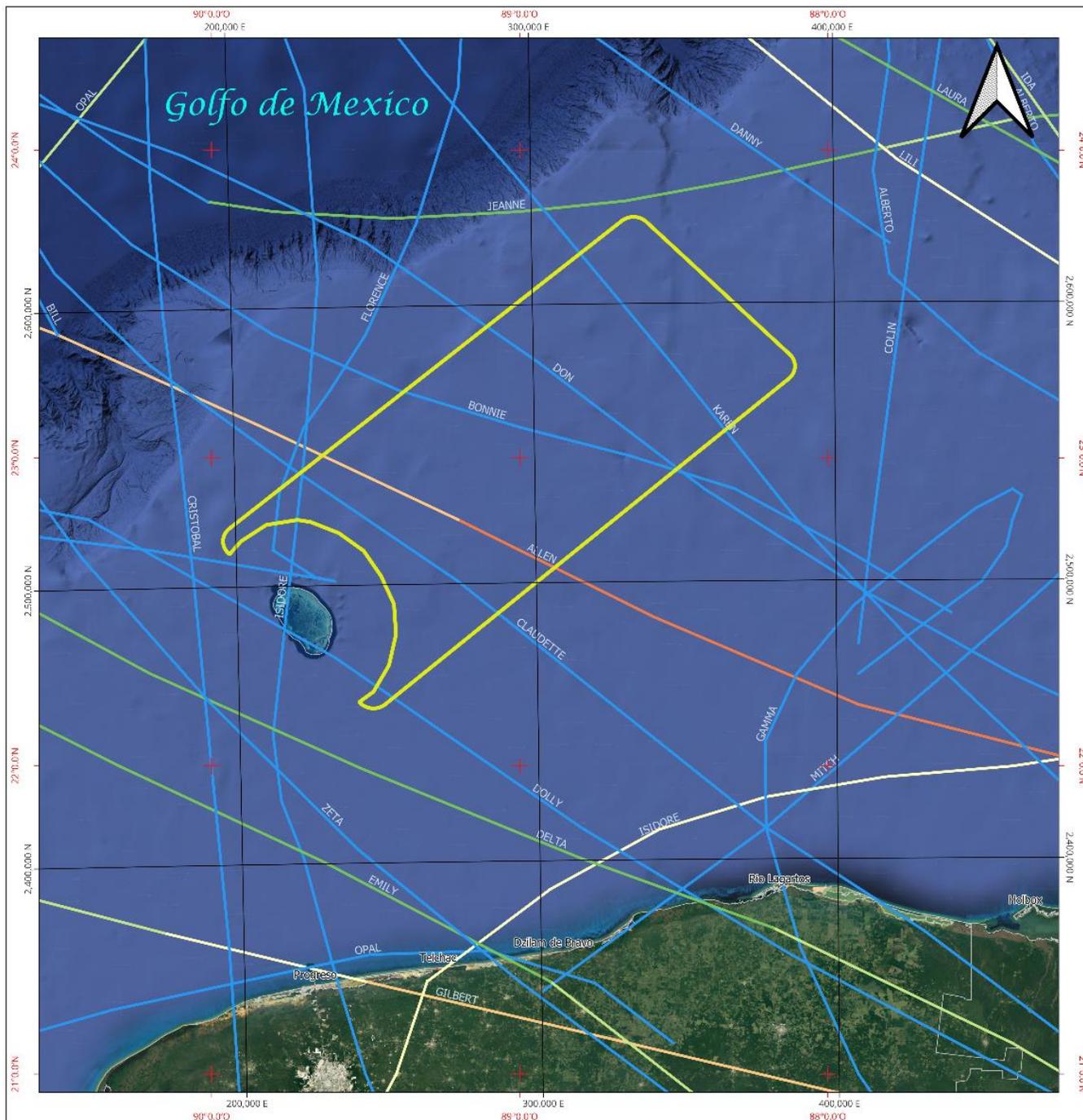


Figura 11. Trayectoria de ciclones tropicales de 1980 a 2022 en la propuesta de PN Bajos del Norte, de acuerdo con la escala Saffir-Simpson. Fuente: archivo de trayectorias NOAA



## 2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los arrecifes de Bajos del Norte se conforman por una serie de estructuras arrecifales no continuas y debido a la diversidad que registra es un área de interés científico y pesquero (Oceana, 2022).

La propuesta de PN Bajos del Norte alberga 679 taxones nativos: 105 algas (procariontes y eucariontes), 335 invertebrados y 239 cordados (37 tunicados y 202 vertebrados). Esta riqueza representa el 6 % y 25 % de las especies registradas para el Golfo de México y el Caribe mexicano, respectivamente. Del total, seis especies de invertebrados y 17 vertebrados se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, ocho especies son prioritarias para la conservación en México conforme al “Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de marzo de 2014. Cabe mencionar que el total de especies reportado no incluye a nueve especies exóticas de algas eucariontes, un crustáceo exótico, así como a una especie de pez exótica-invasora.

Tabla 1. Número de especies registradas en la propuesta de PN Bajos del Norte.

Grupo taxonómico	Golfo de México	Caribe Mexicano	Propuesta de PN Bajos del Norte	Porcentaje <sup>11</sup>	En categoría de riesgo <sup>12</sup>	Prioritarias <sup>13</sup>
Procariontes <sup>1</sup>	67	-	1	1%	0	0
Protoctistas <sup>2</sup>	1,885	-	104	6%	0	0
Esponjas <sup>3</sup>	148	-	37	25%	0	0
Cnidarios <sup>4</sup>	63	60	82	(>100 %, >100 %)	6	2
Anélidos <sup>5</sup>	854	-	12	1 %	0	0
Equinodermos <sup>6</sup>	292	225	62	21 %, 28 %)	0	0
Moluscos <sup>7</sup>	2,067	-	56	3 %	0	0
Crustáceos <sup>8</sup>	2,579	-	86	3 %	0	0
Tunicados <sup>9</sup>	42	-	37	88 %	0	0
Peces <sup>10</sup>	987	1,072	197	20 %, 18 %)	12	1
Reptiles	5	5	5	100 %, 100 %)	5	5
<b>Total</b>	<b>8,989</b>	<b>1,362</b>	<b>679</b>	<b>8 %, 50 %</b>	<b>23</b>	<b>8</b>

<sup>1</sup>Ortegón-Aznar y León (2022). <sup>2</sup>Licea et al. (2004; 2011) y Ortégón-Aznar y León (2022). Para la división Haptophyta no se dispone de datos. <sup>3</sup>Carballo et al. (2014). <sup>4</sup>GBIF, 2023. <sup>5</sup>Fauchald et al. (2009). <sup>6</sup>Solis-Marín et al., 2014. <sup>7</sup>Castillo-Rodríguez (2014). <sup>8</sup>García-Madriral et al. (2012). <sup>9</sup>Palomino-Álvarez et al. (2019; 2022; en prep.). <sup>10</sup>Robertson et al., 2023. <sup>11</sup>Representatividad del grupo taxonómico en relación con la riqueza de especies del Golfo de México y el Caribe mexicano, respectivamente. <sup>12</sup>Conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. <sup>13</sup>Conforme al Acuerdo en el DOF (2014).

Fuente: elaboración propia.

La integración de la lista de especies (Anexos 2 y 3) es el resultado del análisis y sistematización de datos obtenidos en publicaciones científicas, en bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO, 2023a), del Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2023) y del Ocean Biogeographic Information System (OBIS, 2023), así como en colecciones científicas consultadas en 2023. Además, se realizó trabajo de campo que consistió en una expedición científica realizada en agosto de 2021, la cual constituyó una parte fundamental de este estudio e incluyó diversas metodologías científicas para evaluar la biodiversidad marina y la salud de los arrecifes, por ejemplo, la toma de muestras de agua para la obtención y análisis de ADN ambiental, levantamiento de censos visuales de peces para estimar su abundancia y diversidad, así como muestreo de moluscos, crustáceos y equinodermos. Asimismo, se registraron datos y se grabaron videos que permitieron una evaluación detallada de la salud de los arrecifes, considerando factores como la cobertura coralina, la





presencia de blanqueamiento y la estructura del hábitat. Finalmente, se integró la información de un modelo hidrodinámico regional del Banco de Campeche con información físico-biológica y la modelación de larvas para especies comerciales relevantes para esta región. Para asegurar la calidad de la información, se realizó un procedimiento de validación nomenclatural y biogeográfica con fuentes de información especializada, las cuales incluyen sistemas de información sobre biodiversidad y publicaciones de autoridades científicas. En el Anexo 2 se integra la lista de especies e infraespecies aceptadas y válidas conforme a los sistemas de clasificación y catálogos de autoridades taxonómicas correspondientes a cada grupo biológico. En el Anexo 3 se enlistan las especies e infraespecies con categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 presentes en la propuesta de PN Bajos del Norte. En ambas listas se indican con símbolos las especies endémicas, en categoría de riesgo, prioritarias, exóticas y exóticas-invasoras.

## **2.1 BIODIVERSIDAD**

### **Algas (Clase Cyanophyceae; Divisiones Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Haptophyta, Ochrophyta y Rhodophyta)**

Las algas son un conjunto de organismos fotosintéticos que difieren notablemente en su forma, tamaño, estructura celular, metabolismo, composición bioquímica, ciclo de vida, hábitat, etcétera, pueden ser procariontes o eucariontes, microscópicas unicelulares o formar asociaciones que llegan a medir varios metros, sin embargo, presentan niveles de organización semejantes y se distinguen por carecer de una diferenciación celular que produzca tejidos verdaderos (González, 1987; Hoek *et al.*, 1995).

Se pueden encontrar en ambientes dulceacuícolas, marinos o salobres, así como en ambientes subaéreos, es decir, expuestas a la atmósfera en una interfase aire-sustrato húmedo, como la corteza de un árbol o en el lodo. También hay algas en el suelo, donde aprovechan el rocío nocturno (González, 1987). Debido a la acumulación de pigmentos o sustancias de reserva, el conjunto de células puede presentar coloraciones verdes, rojas, pardas y negras a simple vista (Novelo, 2013).

Los usos de las algas incluyen desde el consumo como alimentación hasta la obtención de compuestos para la industria (González, 1987).

Las algas realizan una de las mayores aportaciones de oxígeno al planeta; se estima que participan con cerca del 50 % de la fotosíntesis mundial, lo que favorece las condiciones para reducir el calentamiento global (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). En cuanto a su diversidad, el número de especies de macroalgas marinas para el Atlántico mexicano asciende a 754 (Pedroche y Senties, 2020), mientras que el número de algas planctónicas marinas se estima en alrededor de 1,488 especies, para el Pacífico y Atlántico mexicanos (Hernández-Becerril, 2014).



## PROCARIOTES

### Algas verde azules (Clase Cyanophyceae)

Las algas verde azules o cianobacterias son organismos procariontes, es decir, no tienen núcleo ni organelos, y tienen la capacidad de realizar fotosíntesis oxigénica, al igual que las plantas. Pueden ser unicelulares, coloniales o tener formas filamentosas con colores que van del verde, verde azul, violeta y en algunas ocasiones rojo. Se pueden encontrar en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres (Hoek *et al.*, 1995).

En el ambiente marino se pueden encontrar como parte del plancton, como microplancton o picoplancton, debido a sus diferentes tallas. Algunas de sus especies son los organismos más abundantes en el planeta y contribuyen de manera importante a la productividad planctónica marina y a los ciclos de carbono y nitrógeno, mientras que otras especies están asociadas de manera simbiótica con organismos eucariontes, y unas más producen toxinas de interés en la salud humana y la fauna marina (Hawser *et al.*, 1992).

Respecto a la riqueza del grupo en México, se reconocen 194 especies de algas verde azules (Guiry y Guiry, 2023) y en el ambiente arrecifal de la costa norte de Yucatán se registran 67 especies (Ortegón-Aznar y León, 2022).

En la propuesta de PN Bajos del Norte se tiene registro de una especie nativa del orden Nostocales y la familia Nostocaceae (*Anabaena oscillarioides*) (Anexo 2).

## PROTOCTISTAS

### Algas rojas (División Rhodophyta)

Las algas rojas o rodofitas forman un grupo de organismos fotosintéticos eucariontes, generalmente de color rojo debido a la dominancia de algunos de los pigmentos accesorios (ficocianina, ficoeritrina y aloficocianina) que enmascaran a la clorofila, aunque también pueden ser verdes, pardas o amarillas dependiendo de la predominancia de unos pigmentos sobre otros, tales como la clorofila a, betacarotenos o xantofilas (Glazer, 1977; Schubert *et al.*, 2006). Cabe mencionar, que de sus paredes celulares internas se extraen compuestos ampliamente utilizados en diversas industrias como la alimenticia, farmacéutica y de cosméticos (Popper *et al.*, 2011).

Aproximadamente el 90 % de las algas rojas son marinas, las cuales habitan diferentes ambientes, tales como litorales rocosos y arenosos, arrecifes coralinos, lagunas costeras, estuarios, manglares o comunidades de pastos marinos. Pueden encontrarse en las zonas supramareal, intermareal o submareal; estar adheridas a rocas, (litofíticas, epilíticas o saxícolas); vivir en arena, (psamofíticas); estar fijadas a raíces (cortícolas) o encontrarse flotando (León *et al.*, 2019).

En el litoral mexicano del Golfo de México y el Caribe mexicano, la riqueza de algas rojas es de 451 especies (García-García *et al.*, 2020). Asimismo, para el ambiente arrecifal en la costa norte de Yucatán se registran 119 especies de rodofitas (Ortegón-Aznar y León, 2022).



En la propuesta de PN Bajos del Norte se tiene registro de dos especies de algas rojas de los órdenes Ceramiales y Gigartinales: *Callithamnion corymbosum* de la familia Callithamniaceae y *Cystoclonium purpureum* de la familia Cystocloniaceae (Anexo 2).

### **Algas verdes (División Chlorophyta)**

Las clorofitas o algas verdes son organismos fotosintéticos que tienen clorofilas a y b igual que las plantas vasculares. Se diferencian del resto de las algas eucariotas por formar el producto de almacenamiento (almidón) en el cloroplasto en lugar de en el citoplasma. Aproximadamente el 90 % de las algas verdes se encuentran en agua dulce y solo alrededor del 10 % son marinas, estas últimas se encuentran en litorales rocosos y arenosos, arrecifes coralinos, lagunas costeras, estuarios, manglares o comunidades de pastos marinos. Pueden encontrarse en las zonas supramareal, intermareal o submareal; estar adheridas a rocas (litofíticas, epilíticas o saxícolas); vivir en arena, (psamofíticas); estar fijadas a raíces o madera, (cortícolas) o encontrarse flotando (Lee, 2008; León *et al.*, 2017).

Para el ambiente arrecifal en la costa norte de Yucatán se registran 85 especies de algas verdes (Ortegón-Aznar y León, 2022).

En la propuesta de PN Bajos del Norte se tiene registro de una especie de alga verde del orden Bryopsidales y la familia Caulerpaceae: *Caulerpa racemosa* (Anexo 2).

### **Dinoflagelados (División Dinophyta)**

Los dinoflagelados son protistas alveolados (Alveolata) unicelulares que pueden formar cadenas, cenocitos o filamentos, generalmente poseen dos flagelos de forma y función diferente, y pueden ser formas fotosintéticas, mixótrofas, heterótrofas o parásitas. Algunas especies planctónicas marinas producen altas proliferaciones poblacionales y/o toxinas que causan padecimientos a la fauna marina y a los humanos. Es el grupo taxonómico más diverso y que contribuye más a la biomasa y productividad planctónica, después de las diatomeas (Hernández-Becerril, 2014).

En la porción mexicana del Golfo de México se han registrado 252 especies de dinoflagelados (Licea *et al.*, 2004). Y en la propuesta de PN Bajos del Norte se tiene registro de 62 especies de dinoflagelados distribuidas en seis órdenes y 12 familias. Destacan con el mayor número de especies, las familias: Ceratiaceae (21 especies), Dinophysiaceae (ocho especies), Oxytoxaceae, Podolampaceae y Prorocentraceae con seis especies cada familia. Algunos ejemplos son: *Dinophysis parvula*, *Tripus fusus*, *Tripus macroceros*, *Gonyaulax spinifera*, *Podolampas reticulata* y *Prorocentrum mexicanum* (Anexo 2).

### **Diatomeas (División Bacillariophyta)**

Las diatomeas son un grupo taxonómico de eucariotas unicelulares cuya característica más importante es la presencia de una pared silíceica que puede tener multitud de variaciones morfológicas y ser muy ornamentada. Representan el grupo de autótrofos más exitoso en el ambiente pelágico, tanto por su gran diversidad de formas y especies, como por su importante contribución a la productividad global (Kooistra *et al.*, 2007).





Para aguas del Golfo de México se han listado alrededor de 1,000 taxones de diatomeas planctónicas marinas, incluyendo muchas formas ticoplanctónicas y bentónicas (Krayesky *et al.*, 2009), y unos 255 taxones en el sur del Golfo de México (Licea *et al.*, 2011).

En la propuesta de PN Bajos del Norte hay registro de 33 especies de diatomeas distribuidas en 10 órdenes y 11 familias. Las familias de mayor riqueza específica son Chaetocerotaceae y Bacillariaceae con 12 y cuatro especies, respectivamente. Algunos ejemplos son: *Cylindrotheca closterium*, *Tryblionella apiculata*, *Chaetoceros atlanticus*, *Chaetoceros pelagicus*, *Thalassiosira oceanica* y *Neodelphineis silenda* (Anexo 2).

### **Algas pardas (División Ochrophyta)**

Las algas feofíceas, pardas o cafés por su color común, son organismos eucariontes fotosintéticos pertenecientes a las algas Heterokontas, grupo caracterizado por tener en algún periodo de su vida células cuyos flagelos son distintos entre sí; uno corto que tiene mastigonemas o fibrillas y otro liso y más largo. La pared celular es rígida, compuesta de una capa interna de microfibrillas de celulosa y de una capa externa gelatinosa formada por alginatos como el ácido algínico, ampliamente empleado en la industria alimentaria y de cosméticos. La coloración parda resulta de una combinación de pigmentos como la fucoxantina, la cual enmascara a las clorofilas a y c, betacaroteno y otras xantofilas, como la violaxantina (León y Núñez, 2017).

Las algas pardas son predominantemente marinas, habitan ambientes como costas rocosas, litorales arenosos, arrecifes coralinos, lagunas costeras, estuarios, manglares, pastizales marinos o mar abierto. La mayoría son bentónicas (adheridas al fondo oceánico) y se encuentran en las zonas supramareal, intermareal o submareal, hasta profundidades de 25 a 30 m (León y Núñez, 2017).

En el litoral mexicano del Golfo de México y el Caribe mexicano, la riqueza de algas pardas es de 97 especies (García-García *et al.*, 2021).

En la propuesta de PN Bajos del Norte se tiene registro de cinco especies de algas pardas de los órdenes Dictyotales y Ectocarpales, de las familias Dictyotaceae y Scytosiphonaceae, respectivamente. Estas especies son: *Lobophora variegata*, *Padina boergesenii*, *Styopodium zonale*, *Petalonia fascia* y *Scytosiphon lomentaria* (Anexo 2).

### **Haptofitas (División Haptophyta)**

Es un grupo de microalgas flageladas con una estructura adicional parecida a un tercer flagelo, el haptonema, que presentan escamas orgánicas o mineralizadas (carbonato de calcio o sílice) y son muy comunes y diversas en el fitoplancton marino de todo el mundo, particularmente los cocolitofóridos. Casi todas las especies son fotosintéticas, pero hay formas mixótrofas.

En México, hay registro de 58 taxones de cocolitofóridos en el Pacífico y Golfo (Hernández-Becerril *et al.*, 2008; Hernández-Becerril, 2014). En la propuesta de PN Bajos del Norte se tiene registro de una especie nativa del orden Isochrysidales y de la familia Noëlaerhabdaceae (*Emiliana huxleyi*) (Anexo 2).



## FAUNA

### Invertebrados

#### Esponjas (Phylum Porifera)

Las esponjas son los organismos acuáticos multicelulares más primitivos y simples que se conocen. Una esponja es una agrupación de células que funcionan juntas, pero con poca integración y control de sus actividades celulares. Una de las células típicas de las esponjas son los coanocitos, células flageladas que se encargan de crear el flujo interno de agua, de atrapar y digerir las partículas de alimento, absorber el oxígeno y expulsar sustancias de desecho. También poseen otro tipo de células llamadas arqueocitos, que tienen la capacidad de transformarse en cualquier otro tipo de célula que la esponja necesite, además de servir como un sistema único de reparación celular (Carballo *et al.*, 2014). Son organismos sésiles, a excepción de su larva libre nadadora o reptante, que habitan todos los ambientes acuáticos. Por lo general se fijan sobre un sustrato, duro o blando, por ejemplo, bajo rocas, en arrecifes de coral, cuevas o raíces de mangle. Tienen una amplia distribución geográfica, la mayoría vive en aguas marinas y en menor grado se encuentran en esteros, lagos, lagunas y ríos (Carballo y Gómez, 2002). Pueden vivir desde la zona intermareal hasta la zona hadal (8,800 m) y en todas las latitudes, desde los trópicos hasta los polos (Fernández y Rivas, 2018).

La importancia ecológica de las esponjas se debe en gran parte a su capacidad para filtrar grandes cantidades de agua por día, por lo cual, cumplen una función muy importante en el acoplamiento bento-pelágico, ya que entrelazan redes alimentarias en los ecosistemas marinos, además de ser capaces de retirar hasta el 90 % de las bacterias y entre el 23 % y 63 % de los virus del agua (Carballo *et al.*, 2014).

Debido a la alta conexión con el medio que las rodea, las esponjas son uno de los grupos marinos más importantes como bioindicadores de la calidad ambiental (Carballo y Naranjo, 2002).

En México, actualmente la fauna de esponjas de las costas consta de 517 especies, la gran mayoría de la clase Demospongiae. Para el Banco de Campeche se tienen registradas 148 especies, que corresponden al 29 % (Carballo *et al.*, 2014).

En la propuesta de PN Bajos del Norte se registran 37 especies nativas de esponjas correspondientes a 13 órdenes y 25 familias. Sobresalen las familias Aplousinidae (cinco especies) y Agelasidae (cuatro especies) con el mayor número de especies (Anexo 2). Algunos ejemplos de estas especies son: la esponja campana (*Ircinia campana*), la esponja gigante de barril (*Xestospongia muta*), las esponjas (*Agelas tubulata* y *Callyspongia aculeata*) (Figura 12) y las demosponjas (*Aplysina cauliformis* y *A. fulva*), estas dos últimas utilizadas en biotecnología, debido a que tienen una estructura tal que funciona como andamiaje para el cultivo de células en la regeneración de tejidos como el cartílago (Ehrlich *et al.*, 2010).





Figura 12. Especies de esponjas marinas de la propuesta de PN Bajos del Norte: A) *Agelas tubulata*, B) *Callyspongia aculeata* (Oceana, 2022).

### Corales, medusas y anémonas (Phylum Cnidaria)

Los cnidarios conforman un grupo altamente diverso que abarca medusas, anémonas, corales, zoantideos, abanicos de mar, sifonóforos y mizozoos. Estos organismos presentan una simetría radial, su cuerpo está cubierto por células llamadas cnidocitos, las cuales secretan orgánulos urticantes que les permite capturar presas y defenderse de depredadores (Brusca et al., 2016). El ciclo de vida de los cnidarios es dimórfico, la fase sésil es en forma de hidroide (pólipo) y la fase libre y nadadora es en forma de medusa, aunque los coloniales presentan polimorfismo (Segura-Puertas y Rodríguez-Martínez, 2007; Brusca et al., 2016).

Los cnidarios pueden ser solitarios o coloniales, habitan entornos marinos, aunque algunas especies también se distribuyen en aguas salobres o dulces. La mayoría de las especies se alimentan de zooplancton, algunas se alimentan de presas de mayor tamaño y otras capturan partículas finas en suspensión (Segura-Puertas y Rodríguez-Martínez, 2007; Brusca et al., 2016).





En México, se registran 939 especies de cnidarios (SNIARN, 2021). En la región del banco de Campeche se reportan 63 especies de Octocorales y en el Caribe Mexicano 60 especies (GBIF, 2023). En el sistema arrecifal de la propuesta del PN Bajos del Norte se registran 82 especies nativas distribuidas en tres clases: 59 especies de la clase Anthozoa, 22 de Hidrozoa y una especie de Scyphozoa.

Cabe destacar que, en el sistema arrecifal ubicado en la propuesta de PN Bajos del Norte, seis especies están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Tres en la categoría de Amenazada: el coral negro (*Plumapathes pennacea*), el coral de estrellas rocoso (*Orbicella annularis*) y coral estrella montaña (*Orbicella faveolata*); y tres especies en la categoría de Sujeta a protección especial: el coral blando (*Plexaura homomalla*), cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*) y cuerno de alce (*Acropora palmata*), estas dos últimas consideradas prioritarias para la conservación en México.

La propuesta de PN Bajos del Norte se caracteriza por estar dominado por corales Escleractinios (corales duros) (Figura 13) y Octocorales (corales blandos). En ese sentido, se ha identificado que el coral mostaza (*Porites asteroides*) es una de las especies más abundante, con hasta el 40 % de la dominancia en la comunidad de corales duros y que junto con el coral estrella montaña (*Orbicella faveolata*), coral (*Favia fragum*) y los corales verdaderos (*Agaricia humilis*, *Porites porites* y *Madracis auretenra*), forman la estructura dominante de este sistema arrecifal (Oceana, 2022). En cuanto a los corales blandos, se tiene registro de seis especies, entre las que destacan por su dominancia la gorgonia incrustante (*Erythropodium caribaeorum*) y el coral blando (*Plexaura flexuosa*) (Favoretto et al., 2020).

Por otro lado, los corales presentes en la propuesta de PN Bajos del Norte proporcionan una serie de beneficios económicos, sociales y ecológicos a los habitantes del estado de Yucatán. En la pesca, las especies coralinas sustentan pesquerías importantes al servir como hábitats de cría y refugio para especies animales de importancia comercial (Coronado 2010; Jackson et al. 2014; Aguilar-Perera et al., 2017). De igual manera, tanto los corales duros como los corales blandos proporcionan alimento y protección para una diversidad muy amplia de especies marinas, desde pequeños crustáceos hasta grandes depredadores (Hughes et al., 2017; Oceana, 2022).



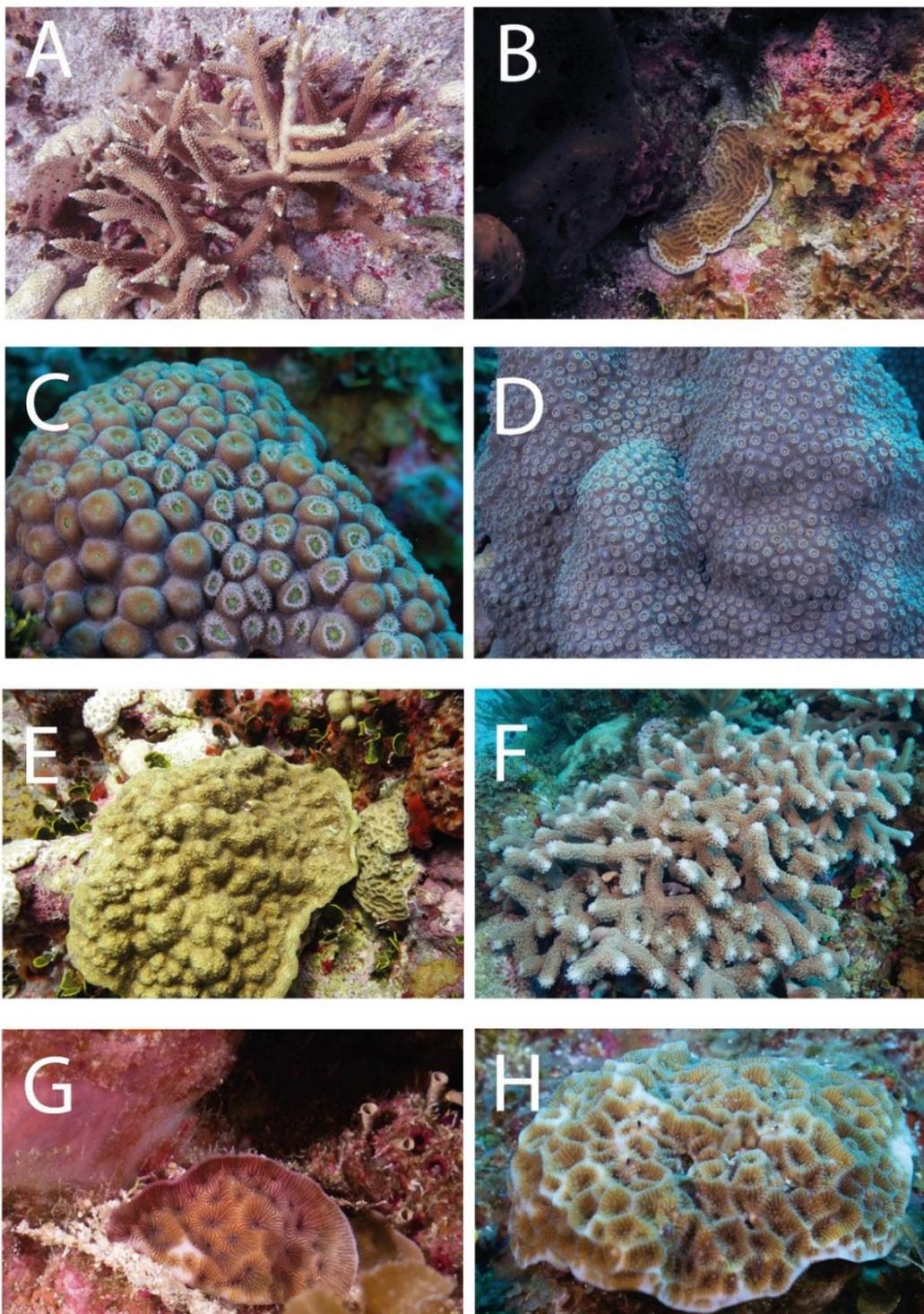


Figura 13. Ejemplares de corales del Orden Scleractinia identificados en la propuesta de PN Bajos del Norte. A) cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), B) coral lechuga (*Agaricia agaricites*), C) gran coral de estrellas (*Montastrea cavernosa*), D) coral estrella montaña (*Orbicella faveolata*), E) coral mostaza (*Porites asteroides*), F) coral de dedos (*Porites furcata*), G) coral de plato (*Agaricia fragilis*) y H) coral verdadero (*Agaricia humilis*) (Oceana, 2022).





### **Gusanos anillados (Phylum Annelida)**

Los gusanos anillados o poliquetos son gusanos de segmentación variable, que se caracterizan por presentar un cuerpo vermiforme, alargado, con un par de parapodios en cada segmento corporal y numerosas quetas, presentan una amplia variedad de formas y colores. Su diversidad en tamaño es notable, desde especies microscópicas, generalmente intersticiales, hasta gigantes eunícidos de 3 a 6 m de longitud. Estos gusanos se encuentran en una variedad de hábitats marinos, desde las marismas poco profundas hasta las chimeneas volcánicas de ventilación hidrotermal. Aunque en su mayoría son de vida libre, otros son sedentarios, viviendo en galerías o tubos, también existen especies simbiotas y algunas incluso son parásitas. Su reproducción es principalmente sexual, aunque en algunos grupos existe reproducción asexual por gemación o fragmentación (Risqueiz-Valdepeña, 2021; Brusca *et al.*, 2016)

Los poliquetos en México albergan alrededor de 1,500 especies incluidas en 63 familias (Tovar-Hernández *et al.*, 2014). Existen 854 especies en el Golfo de México, de las cuales 118 son endémicas (Fauchald *et al.*, 2009). En la propuesta de PN Bajos del Norte hay registro de 12 especies nativas, por ejemplo: gusano de fuego (*Hermodice carunculata*) y los poliquetos *Lumbrinerides nasuta*, *Phalacrophorus uniformis*, *Nereis riisei*, *Bispira brunnea* y *Spirobranchus giganteus* (Figura 14).

Por otro lado, la presencia y diversidad de los poliquetos también sirven como indicadores de la salud de los arrecifes de coral y de la presencia de cambios ambientales, ya que responden a variaciones en las condiciones del agua y el sustrato (Dean, 2008). Debido a su capacidad para consumir partículas en suspensión y descomponer materia orgánica, los poliquetos son componentes clave en el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas marinos. Su actividad ayuda a mantener la salud de los océanos al liberar nutrientes esenciales para la cadena alimenticia (Hutchings, 1998). Además, la construcción de tubos y madrigueras, proporciona hábitats esenciales para otras especies marinas, desde cangrejos hasta caracoles y otros gusanos. Además, en algunos casos, poliquetos de las familias Sabellariidae y Serpulidae contribuyen a la formación de arrecifes marinos, aumentando la biodiversidad local (Risqueiz-Valdepeña, 2021).



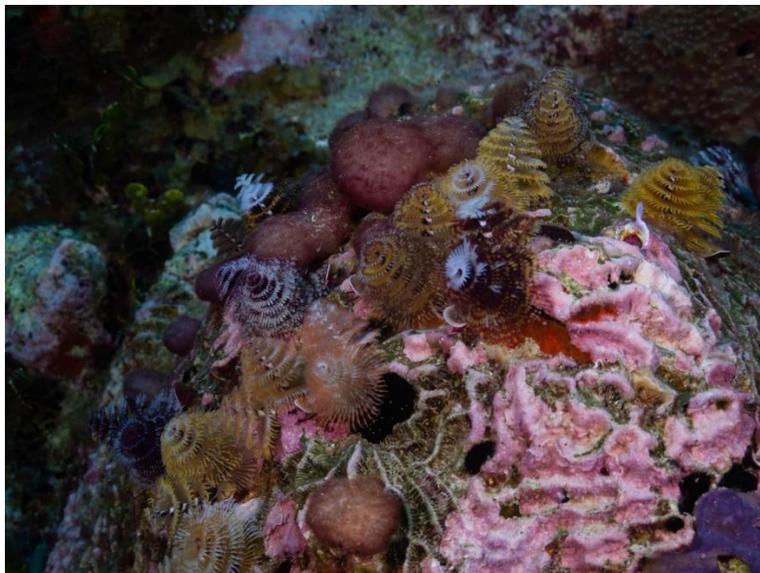


Figura 14. Poliquetos (*Spirobranchus giganteus*) de la propuesta de PN Bajos del Norte. (Oceana, 2022)

### **Estrellas de mar, pepinos de mar, erizos de mar y galletas de mar (Phylum Echinodermata)**

Los equinodermos son animales exclusivamente marinos que se caracterizan por poseer simetría pentarradial, esqueleto de carbonato de calcio y sistema vascular acuífero que regula la alimentación, locomoción y otras funciones (Brusca y Brusca, 2003; Solís-Marín *et al.*, 2014). La talla de los equinodermos adultos es muy variable, pueden medir desde 3 mm hasta los 3 m (Solís-Marín *et al.*, 2014).

Estos animales se distribuyen en todos los mares del planeta y a todas las profundidades; en las zonas abisales de los océanos llegan a constituir el 90 % de la biomasa presente. Son especialmente abundantes en las zonas tropicales y subtropicales, aunque algunos grupos, como las estrellas de mar y los holoturoideos, alcanzan una gran diversidad en las regiones polares (Fernández y Rivas, 2018). Pueden habitar ambientes extremos como las ventilas hidrotermales, infiltraciones de metano y cuevas anquihalinas. Además, son uno de los componentes principales de las comunidades del piso oceánico (Sibuet y Olu, 1998; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2010; Solís-Marín *et al.*, 2014) (Figura 15)

En México, se pueden encontrar 643 especies de equinodermos, con la clase Ophiuroidea con el mayor número de especies (197), seguida de Asteroidea (185 especies), Echinoidea (119 especies), Holothuroidea (113 especies) y finalmente, Crinoidea con el menor número de especies (29). Para el Golfo de México y el Caribe se tienen registradas 292 y 225 especies, respectivamente (Solís-Marín *et al.*, 2014).

En la propuesta de PN Bajos del Norte se registran 62 especies nativas de equinodermos correspondientes a 18 órdenes y 31 familias. Sobresalen las familias Ophiodermatidae (cuatro especies), Gorgonocephalidae, Ophiactidae, Ophiocomidae, Ophiolepididae, Clypeasteridae, Diadematidae y Holothuriidae con tres especies cada familia (Anexo 2).



El Golfo de México es el área de mayor riqueza para las clases Crinoidea, Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea. Por ejemplo, en México, 25 especies (86 % del total para el país) de crinoideos habitan el Golfo de México y la mayoría (22 especies) se distribuye en el Banco de Campeche (Solís-Marín *et al.*, 2014). Por otro lado, las galletas de mar (*Encope aberrans* y *Clypeaster subdepressus*) y el erizo de mar (*Echinolampas depressa*) de la clase Echinoidea están restringidos al Banco de Campeche, Yucatán y cabo Catoche, Quintana Roo (Laguarda-Figueras *et al.*, 2005).

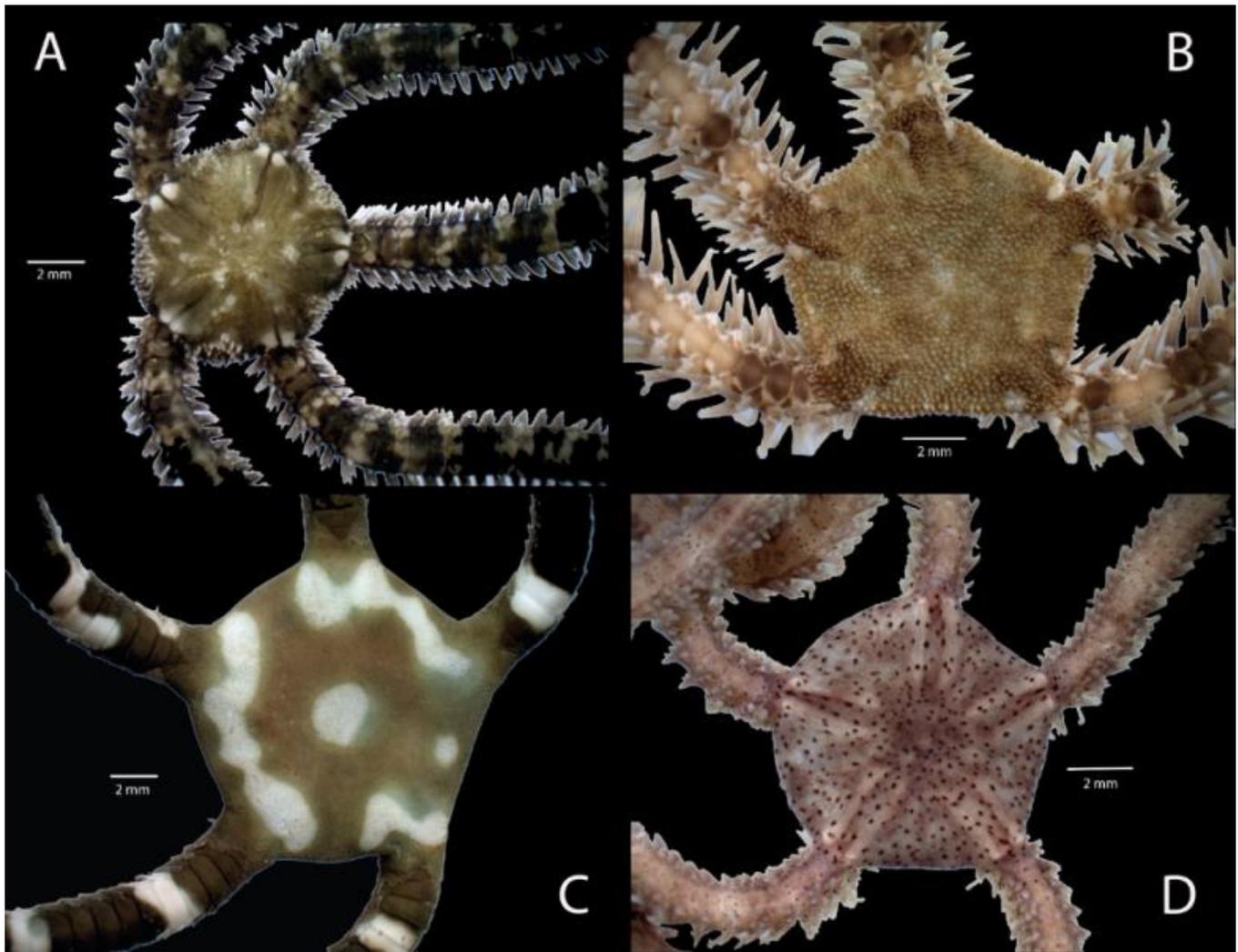


Figura 15. A) *Ophiactis quinqueradial*, B) *Ophiocomella pumila*, C) *Ophioderma appressum* y D) *Ophiopsila riisei*. (Oceana, 2022)





### **Caracoles, almejas, ostras, mejillones, quitones, pulpos y calamares (Phylum Mollusca)**

Los moluscos son uno de los grupos más diversos en los arrecifes de coral, incluyen una gran variedad de especies como caracoles, almejas, pulpos y calamares. Son animales invertebrados de cuerpo blando, no segmentado, bilateral y poseen el manto que es el tejido que secreta la concha. Se encuentran en una amplia gama de hábitats, incluyendo ambientes dulceacuícolas, marinos y terrestres, pueden vivir en aguas profundas o en la costa, y algunos, como los cefalópodos, son conocidos por su capacidad de habitar en aguas profundas y oceánicas. Los moluscos pueden ser carnívoros, herbívoros o detritívoros. Al estar incorporados en tramas tróficas ejercen un papel fundamental en los flujos de energía entre las comunidades planctónicas, bentónicas, neríticas y pelágicas marinas (Brusca *et al.* 2016 Fernández-Álamo, 2017; Castillo-Rodríguez, 2014, Oceana, 2022).

En México existen 4,643 especies de moluscos marinos, de las cuales 2,067 corresponden al Golfo de México y Caribe mexicano (Castillo-Rodríguez, 2014). Para la propuesta de PN Bajos del Norte hay registro de 56 especies nativas distribuidas en cinco clases: Gasropoda con 34, Bivalvia con 16, Cephalopoda con tres especies, Polyplacophora con dos y Scaphopoda con una especie, por ejemplo: el quitón (*Stenoplax bahamensis*), el quitón con barra blanca (*Cryptoconchus floridanus*), almeja arca (*Arcopsis adamsi*), la ostra espinosa (*Spondylus tenuis*), las almejas de lima (*Lima caribaea* y *Limaria pellucida*), la almeja berberecho (*Laevicardium mortonii*), las lapas (*Eoacmaea pustulata* y *Diodora minuta*), los trompitos (*Lithopoma americanum* y *Lithopoma tectum*), marfil (*Cerithium eburneum*) y el caracol rechoncho (*Cerithium litteratum*) (Figura 16) (Anexo 2).

Los moluscos incluyen un gran número de especies de importancia comercial, su carne es usada como alimento y sus conchas como piezas de ornato o en artesanías; además, son de utilidad como bioindicadores de contaminación o de procesos ambientales y en la industria como fuente de productos cosméticos y farmacéuticos. En México, los moluscos son un recurso alimenticio importante, ya que representan el 11.13 % de la producción pesquera y el 23.24 % de la producción acuícola nacional (Ríos-Jara *et al.*, 2008).





Figura 16. Ejemplares de moluscos identificados en la propuesta de PN Bajos del Norte. A) quitón (*Stenoplax bahamensis*), B) quitón con barra blanca (*Cryptoconchus floridanus*), C) almeja de arca (*Arcopsis adamsi*), D) ostra espinosa (*Spondylus tenuis*), E) almeja de lima (*Lima caribaea*), F) almeja de lima (*Limaria pellucida*), G) almeja berberecho (*Laevicardium mortoni*), H) lapa (*Eoacmaea pustulata*), I) lapa (*Diodora minuta*), J) trompito (*Lithopoma americanum*), K) trompito (*Lithopoma tectum*), L) marfil (*Cerithium eburneum*) y M) caracol rechoncho (*Cerithium litteratum*). (Oceana, 2022)



### **Cangrejos, camarones y langostas (Phylum Arthropoda)**

Los crustáceos se ubican en el phylum Arthropoda, incluyen una amplia variedad de organismos, desde las pequeñas artemias hasta camarones, cangrejos, langostas, anfípodos, copépodos y percebes. Estos organismos a menudo presentan una cutícula endurecida, formada en algunos casos por carbonato de calcio que hace las funciones de esqueleto externo. Constituyen uno de los grupos de mayor éxito, tanto por el número de especies registradas como por la diversidad de hábitat que colonizan, desde el litoral somero hasta las cuencas oceánicas profundas (Brusca y Brusca, 2003). Forman parte fundamental del ecosistema, ya que cumplen funciones como detritívoros, herbívoros, omnívoros, carroñeros, carnívoros y parásitos (Simoes *et al.*, 2010).

Hasta el momento, en México se registran 4,432 especies de crustáceos, para el Golfo de México se reconocen 2,579 especies (García-Madrigal *et al.*, 2012). En la propuesta de PN Bajos del Norte se tiene registro de 86 especies nativas, distribuidas en tres clases: Malacostraca con 76 especies, Maxillopoda con 9 especies y Thecostraca con una especie. La familia con más especies es Alpheidae (13), seguida por las familias Diogenidae y Palaemonidae con cinco especies cada una. (Figura 17)

Las especies más abundantes son el cangrejo araña (*Teleophrys ruber*), el cangrejo hermitaño (*Calcinus tibicen*), el camarón de coral (*Periclimenes rathbunae*) y los camarones chasqueadores (*Synalpheus fritzmuelleri*, *Synalpheus hemphilli* y *Synalpheus agelas*) (Oceana, 2022). Estos últimos desempeñan un papel crucial en la ecología arrecifal, ya que son considerados como ingenieros ecosistémicos, capaces de modificar lo suficiente su entorno para brindar servicios como refugio para otras especies, remoción y oxigenación del sustrato (Duffy, 2002).

Por otro lado, la langosta del caribe (*Panulirus argus*) tiene importancia comercial y pesquera, ya que es un recurso solicitado por algunas flotillas del estado de Yucatán (Oceana, 2022).

Cabe mencionar que en el sistema arrecifal se presenta una especie exótica, la jaiba roma (*Callinectes bocourti*) (Anexo 2).



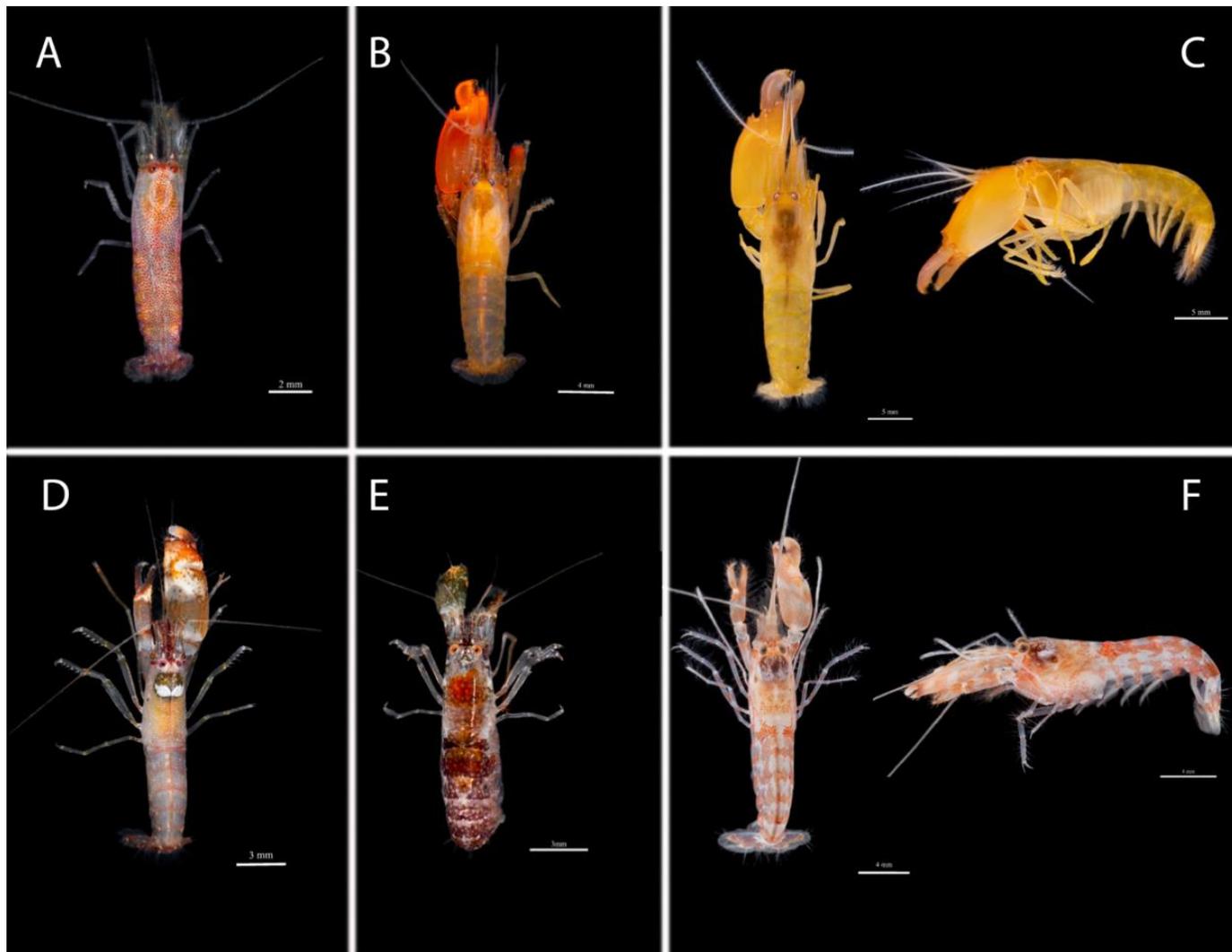


Figura 17. Ejemplares de camarones chasqueadores identificados en la propuesta de PN Bajos del Norte. A) *Synalpheus fritzmulleri*, B y C) *Synalpheus brevicarpus*, D) *Alpheus peasei*, E) *Alpheus cristulifrons* y F) *Alpheus normanni*. (Oceana, 2022)



## Cordados

### Tunicados (Subphylum Tunicata)

El subphylum Tunicata incluye a organismos exclusivamente marinos, solitarios o coloniales, que están presentes en todos los mares del mundo, a cualquier profundidad. Son celomados, triblásticos, deuterostomados, con simetría bilateral y presentan en alguna etapa de su ciclo vital características propias de los cordados como la presencia de notocorda, tubo neural dorsal y faringe perforada por hendiduras branquiales (Cárcel-Román, 2007).

En el mundo se reconocen poco más de tres mil especies de tunicados de cuatro clases. El 94 % de ellas corresponden a la clase Ascidiacea (ascidias), el 2.8 % corresponde a la clase Thaliacea, el 2.5 % a la clase Appendicularia (apendicularios) y el 0.7 % a la clase Sorberacea (Cárcel-Román, 2007; Shenkar y Swalla, 2011).

Respecto a las ascidias, estas han despertado interés en las últimas décadas por su potencial biotecnológico, debido a que de ellas pueden extraerse compuestos como la ecteinascidina, las didemninas y las aplidinas, además de metabolitos como la estaurosponina y la trabectedina, de los cuales se han estudiado sus propiedades antitumorales (Martínez-García, 2005; Zárate-Ortiz, 2021). A pesar de ello, los estudios regionales en México sobre el grupo son prácticamente inexistentes, excepto por aquellos realizados para el sur del Golfo de México, que describen la presencia de al menos 42 especies de ascidias, con la mayor riqueza específica en los arrecifes de Cayo Arcas, Alacranes y Bajos del Norte (Palomino-Álvarez *et al.*, 2019; 2022; en prep.).

En la propuesta de PN Bajos del Norte hay registro 36 especies de ascidias nativas, clasificadas en tres órdenes y nueve familias, por ejemplo, *Trididemnum solidum*, *Clavelina picta*, *Symplegma papillata* y *Botryllus camur* (Figura 18). Además, hay registro de un apendiculario (*Oikopleura longicauda*).

Cabe destacar que el bajo promedio de porcentaje de similitud de especies de ascidias entre sistemas arrecifales del Banco de Campeche, menor al 3 % y mediante la contribución de especies en la variación espacial del ensamblaje, indica que estos arrecifes podrían ser un punto de diversificación (Palomino-Álvarez *et al.*, 2022.), por lo que la declaratoria como ANP podría promover la investigación necesaria para este grupo en el sitio y en México.



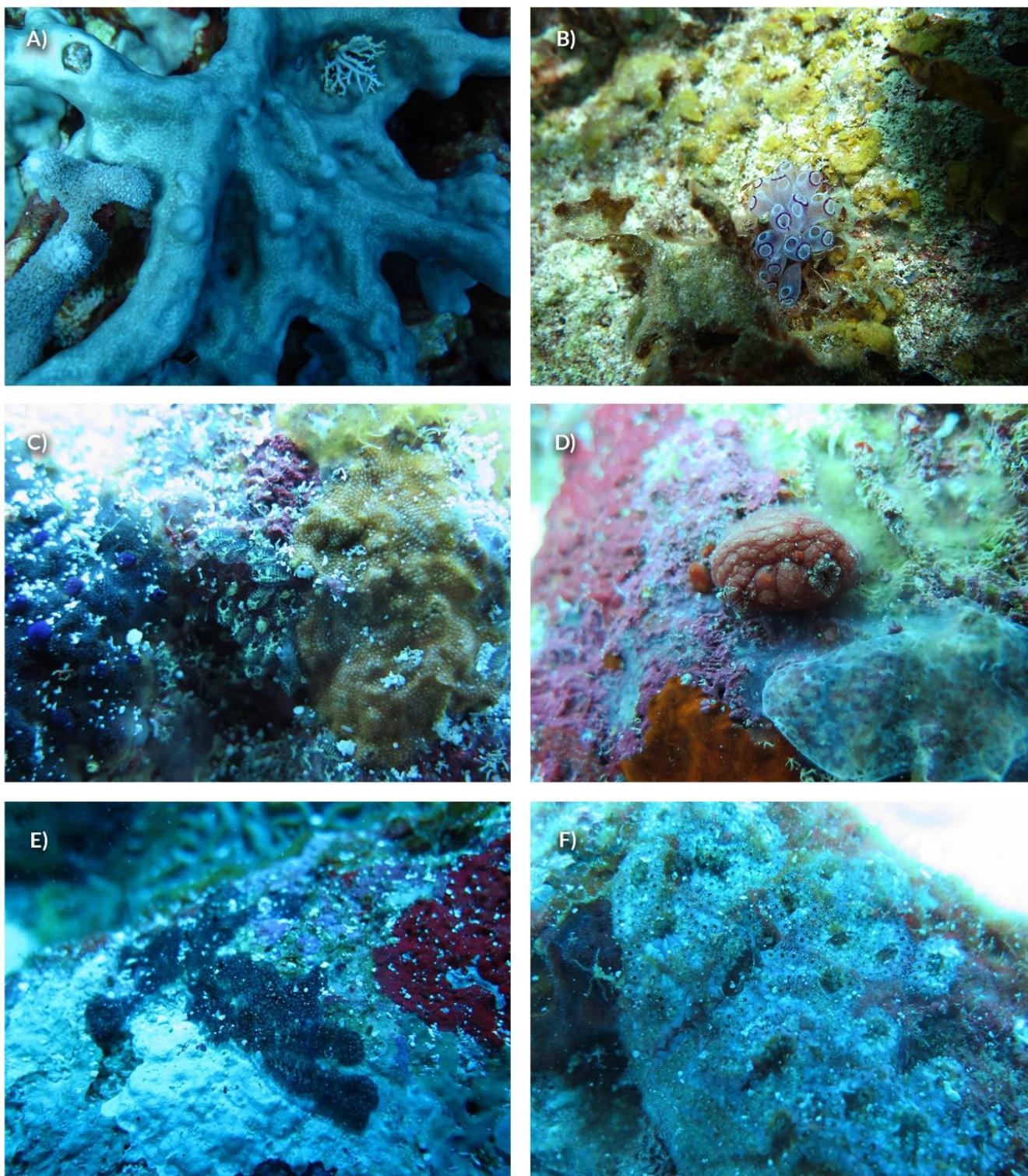


Figura 18. Especies de ascidias identificadas en la propuesta de PN Bajos del Norte. En A) *Trididemnum solidum*, B) *Clavelina picta*, C) *Symplegma papillata*, y D) *Pyura lopezlegentilae*, E) *Botryllus nortensis* y F) *Botryllus camur*. Crédito de las fotografías: Palomino-Alvarez.



## **Peces óseos (Clase Actinopteri) y peces cartilaginosos (Clase Elasmobranchii)**

Se calcula que a nivel mundial existen unas 36,383 especies de peces, de las cuales alrededor de 2,763 han sido registradas en México (Espinosa-Pérez, 2014; Fricke *et al.* 2023). En específico, 2,224 especies de peces habitan los mares mexicanos, 987 en el Golfo de México y 1,072 especies en la región biogeográfica del Caribe Noroeste, que comprende el área marina de México, Belice, Guatemala y Honduras (Espinosa-Pérez, 2014; Robertson *et al.*, 2023).

Entre las especies de peces marinos, aquellas que habitan los arrecifes de coral han desarrollado adaptaciones, tales como formas corporales que les permite acceder a zonas estrechas (Wainwright y Richard, 1995; Antonucci *et al.*, 2009; Cooper y Westneat, 2009), así como adaptaciones en los patrones de coloración que les permite mitigar la depredación o favorecer el acecho de las presas (Choat, 1991; Arias-González *et al.*, 2011).

En México, la gran mayoría de investigaciones sobre peces de arrecifes de coral están relacionadas a formaciones coralinas costeras (Arias-González *et al.*, 2017) y pocas se han enfocado en los arrecifes lejanos a la costa. A pesar de ello, en la propuesta de PN Bajos del Norte, se ha registrado la presencia de 197 especies de peces, distribuidas en dos clases, 68 familias y 23 órdenes. Dicha cifra representa el 20 % de los peces del Golfo de México o bien, el 18 % de los peces del Caribe Noroeste.

En la clase de los peces óseos (Actinopteri), hay 190 especies de 62 familias y 20 órdenes. La familia con la mayor riqueza específica es la de los peces loro, doncella y viejas (Labridae) con 25 especies, seguida de la familia de los meros, abadejos y cabrillas (Epinephelidae) con 21 especies. En tanto que en la clase de los peces cartilaginosos (Elasmobranchii), hay siete especies clasificadas en seis familias y tres órdenes.

Entre los registros totales destaca la presencia de 12 especies clasificadas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, 11 especies están como Sujeta a protección especial, por ejemplo, el loro medianoche (*Scarus coelestinus*), el pez loro real (*Scarus vetula*), el loro semáforo (*Sparisoma viride*) y la manta voladora (*Mobula birostris*). Y una está como Amenazada: el tiburón ballena (*Rhincodon typus*), que además es una especie prioritaria para la conservación en México.

Cabe mencionar que la presencia de ecosistemas arrecifales aislados y lejanos de la costa, como Bajos del Norte, promueve el establecimiento de agregaciones reproductivas de grandes depredadores, como son los meros, de la familia Epinephelidae (Tuz-Sulub *et al.*, 2003; Tuz-Sulub y Brulé, 2015). Estos son organismos de gran talla y a su vez, son los principales depredadores del arrecife (Sagarese *et al.*, 2017), por lo tanto, juegan un papel crucial en la red trófica del ecosistema arrecifal, al controlar y regular las poblaciones de otros peces e invertebrados, cuyo exceso de biomasa o ausencia serían una amenaza en el equilibrio de la salud ecosistémica (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2002; Sagarese *et al.*, 2017). Sin embargo, la zona reproductiva de los meros y la agregación de desove asociada en Bajos del Norte están protegidas solo por un relativo aislamiento geográfico (Caballero-Arango *et al.*, 2013) y, de hecho, algunos tienen valor comercial, tales como el mero negro (*Mycteroperca bonaci*), la mordaza (*Mycteroperca microlepis*), mero tigre (*Mycteroperca tigris*), mero aleta amarilla (*Mycteroperca venenosa*) y el mero cabrilla (*Epinephelus guttatus*), por lo que se requiere replantear su regulación,





para favorecer a los adultos sexualmente activos durante el pico máximo de desove en primavera (Tuz-Sulub *et al.*, 2004; Aguilar-Perera *et al.*, 2009; Coronado, 2010; Brulé *et al.*, 2016; DOF, 2014).

En cuanto a los peces loro de la familia Labridae, se ha reconocido su relevancia en la conservación de los arrecifes de coral, ya que controlan el crecimiento de macroalgas y mantienen la dinámica de las comunidades bentónicas, con lo que facilitan el reclutamiento, crecimiento y supervivencia de los corales (Catano *et al.*, 2015). Sin embargo, se ha reportado que algunos peces loro han sido sujetos a la captura en diferentes partes del Caribe (Vallès *et al.*, 2014).

Por otra parte, entre los peces cartilaginosos presentes, el tiburón curro (*Carcharhinus brevipinna*), tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) y el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), son depredadores topos, por lo que no poseen depredadores (Galván-Magaña *et al.*, 2019). Por ende, son capaces de organizar los ecosistemas marinos al regular el tamaño poblacional de las presas (Heithaus *et al.*, 2008). La ausencia de estos grandes depredadores puede generar grandes cambios en la estructura y función del ecosistema, e incluso ocasionar cascadas tróficas capaces de extinguir especies dependientes directa o indirectamente de estos (Spiers *et al.*, 2016). Desafortunadamente, las poblaciones de peces cartilaginosos han decaído en las últimas décadas y se debe a factores como la pesca, pérdida del hábitat, contaminación, entre otros (Dulvy *et al.*, 2008).

En el caso del tiburón curro (*Carcharhinus brevipinna*) y el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), ambas son especies incluidas en el “Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Tiburones y Rayas del Golfo de México y Mar Caribe” publicado el 9 de junio de 2022 en el Diario Oficial de la Federación, y se consideran sujetas a explotación comercial.

Por lo anterior, la protección de los arrecifes de coral de la propuesta de PN Bajos del Norte permitirá la protección del hábitat de los peces presentes (Figura 19) y abonará a las estrategias de conservación del gobierno mexicano para proporcionales hábitat y refugio ante diversas vulnerabilidades asociadas a los impactos de la actividad humana.



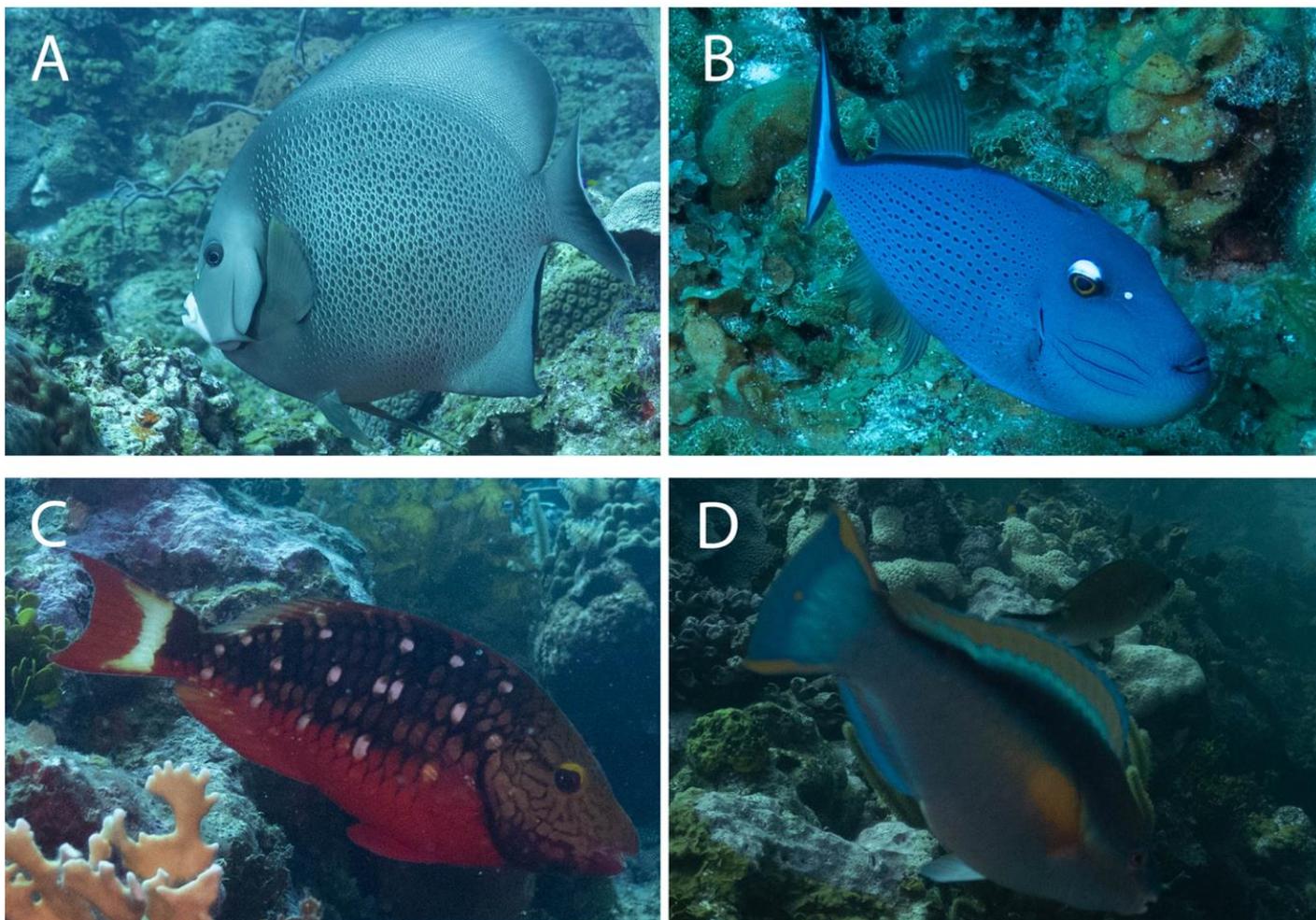


Figura 19. Ejemplares de peces óseos identificados en la propuesta de PN Bajos del Norte: A) pez ángel gris (*Pomacanthus arcuatus*), B) varraco (*Xanthichthys ringens*), C) loro semáforo (*Sparisoma viride*) y D) loro princesa (*Scarus taeniopterus*). (Oceana, 2022)

### Reptiles (Clase Reptilia)

En México hay 1,073 especies de reptiles que incluyen lagartijas, serpientes, cocodrilos y tortugas, la mitad de ellas endémicas al territorio (Suazo-Ortuño *et al.*, 2023). En cuanto a las tortugas marinas, el país es reconocido a nivel internacional debido a que en los litorales mexicanos habitan seis de las siete especies que existen en el mundo (Gaona y Barragán, 2016).

En la propuesta de PN Bajos del Norte están registradas cinco especies de tortugas marinas: caguama (*Caretta caretta*), blanca (*Chelonia mydas*), carey (*Eretmochelys imbricata*), lora (*Lepidochelys kempii*) y laúd (*Dermodochelys coriacea*), las cuales están catalogadas como En peligro de extinción conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como son especies prioritarias para la conservación en México. (Figura 20)



En el caso de la tortuga blanca (*Chelonia mydas*), su ámbito es hogareño, es decir, el área ocupada por un individuo en la búsqueda de alimento, pareja, reproducción y cuidado de crías abarca las zonas arrecifales de Bajos del Norte hasta la plataforma marina de Florida (Méndez *et al.*, 2013). En tanto que, para las tortugas marinas restantes, la zona forma parte de sus zonas de alimentación, migración y refugio.

En ese sentido, el Golfo de México es un área importante para las cinco especies de tortugas marinas presentes en la propuesta de PN Bajos del Norte. Las zonas costeras son sitios de apareamiento y hábitat de alimentación crítico durante el crecimiento de juveniles, por ejemplo, las crías se refugian en camas flotantes de sargazo (género *Sargassum*) que se encuentran a la deriva en el Golfo de México y Banco de Campeche (Witherington *et al.*, 2012). En tanto que las áreas arrecifales son zonas de refugio, alimentación y apareamiento, así como las zonas pelágicas son parte de las rutas migratorias hacia las costas de Florida y otros países caribeños (Valverde y Holzgart, 2017; Uribe-Martínez *et al.*, 2021; Iverson *et al.*, 2020; Cuevas *et al.*, 2020).



Figura 20. Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en la propuesta de PN Bajos del Norte. (Oceana, 2022)

Entre otros aspectos, las tortugas marinas son parte esencial de las redes tróficas del mar, ya que son presa importante de tiburones y grandes peces; tienen una función reguladora en la salud de arrecifes coralinos y pastos marinos, por ejemplo, al evitar la sobrepoblación de medusas y esponjas, que son parte fundamental de su dieta (Valverde y Holzgart, 2017), así como transportan energía de hábitats marinos altamente productivos, como las áreas de pastos marinos, a hábitats menos productivos como las playas arenosas (Bjorndal, 1997), por lo que proteger la zona garantiza hábitat de alimentación y refugio para las tortugas marinas y la conservación de sus funciones ecológicas.





## **B) RAZONES QUE JUSTIFIQUEN EL RÉGIMEN DE PROTECCIÓN**

Las áreas naturales protegidas son zonas del territorio nacional gestionadas para la conservación de la biodiversidad y la protección de los procesos ecológicos y culturales que en ellas ocurren.

De acuerdo con el artículo 44 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), las ANP son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas.

Estos espacios contribuyen a la continuidad de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos, aspectos fundamentales para mantener la calidad de vida de las comunidades humanas que habitan en ella. Además, las ANP son una herramienta importante para la investigación científica y la educación ambiental, permitiendo el estudio y la comprensión de los procesos naturales y culturales que se dan en estos espacios.

Así, con base en el análisis y sistematización de la información técnica y científica recopilada para el área y considerando que la propuesta de PN Bajos del Norte es una zona del territorio nacional que, por sus características naturales, cuenta con ambientes originales que no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, cuyos ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas, la CONANP ha determinado que la propuesta de PN Bajos del Norte cumple con lo establecido en el artículo 45, fracciones I, II, III y IV de la LGEEPA,.

*"ARTÍCULO 45.- El establecimiento de áreas naturales protegidas, tiene por objeto:*

- I. Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos;*
- II. Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial;*
- III. Asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos, y sus funciones;*
- IV. Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio; ... "*

De acuerdo con lo anterior, los principales beneficios que conlleva la declaratoria de PN Bajos del Norte son los siguientes:





- Preservar el ambiente natural representativo de los arrecifes de coral del Golfo de México, específicamente aquellos que por sus características son únicos en su tipo, considerando que, debido a la gran escorrentía de agua dulce y sedimentos fluviales, las aguas poco profundas del litoral del golfo Sur carecen casi por completo de formaciones coralinas, como es el caso de los presentes en el área conocida como Bajos del Norte, volviéndolos un ecosistema único en su tipo y donde la distancia con la línea de costa los mantiene alejados de la interacción antropogénica manteniendo sus condiciones originales, así como sus funciones ecológicas, lo que permite la continuidad de los procesos evolutivos en uno de los ecosistemas considerados más frágiles.
- Asegurar la protección del amplio rango de beneficios que proporcionan los corales presentes en el extremo noreste de la Península de Yucatán como hábitat de una gran diversidad de especies marinas, incluidas aquellas de alto valor comercial, la fijación de nitrógeno y control de bióxido de carbono, su valor escénico y recreativo y su contribución en la producción de biomasa marina, considerando su posición geográfica clave para diversas especies marinas del país como zona de transición entre el Golfo de México y el Mar Caribe, lo que significa que los arrecifes de coral de Bajos del Norte comparten especies con los arrecifes del Caribe Mexicano y del Golfo de México; su protección, permite salvaguardar las funciones ecológicas de esta región biogeográfica.
- Coadyuvar en las acciones de conservación que se implementan en PNAA al formar corredores biológicos activos, cuyos procesos ecológicos se encuentran ligados a través de un sistema de corrientes marinas, lo que representan un flujo bidireccional continuo de biomasa larvaria de gran importancia para el mantenimiento de poblaciones de peces, moluscos y crustáceos, incluidos el mero, el pulpo y la langosta, especies comerciales de alto valor (poner el valor comercial), así como proteger las áreas de agregaciones de reproducción y desove de al menos 11 especies de meros y otros grupos de especies como Carángidos y Elasmobranchios. (Tuz-Sulub, A. et al., 2004)
- Salvaguardar la diversidad genética de las 679 especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva y cuyo hábitat se encuentra en la zona propuesta, así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional como el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) y el cirujano azul (*Acanthurus coeruleus*), en particular preservar aquellas que se encuentran amenazadas como el coral de estrellas rocoso (*Orbicella annularis*) y el coral estrella montaña (*Orbicella faveolata*) o sujetas a protección especial como el coral cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), el coral cuerno de alce (*Acropora palmata*) y la manta gigante (*Mobula birostris*), y aquellas que por su importancia y estatus de riesgo han sido designadas como prioritarias como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) y la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*).
- Contribuir a la continuidad y diversidad genética de las especies que habitan en los ecosistemas arrecifales del Golfo de México y el Caribe Mexicano, protegiendo los procesos de conectividad evolutiva y demográfica de los que forman parte los arrecifes de Bajos del Norte.





- Garantizar la preservación de los ecosistemas únicos presentes en la zona del Banco de Campeche de los cuales únicamente el 1.9 % se encuentra bajo algún régimen de protección (correspondiente al PNAA), así como las funciones y servicios que estos brindan, especialmente el intercambio interno de larvas de recursos pesqueros, la protección de más de un millón de hectáreas de zona marina en la región, en especial las zonas de reproducción y crecimiento de diversas especies, asegurando el mantenimiento de poblaciones sanas y el desarrollo continuo, lo que coadyuva a la seguridad alimentaria de las más de 3 mil familias pertenecientes a las comunidades pesqueras de la costa de Yucatán. Cabe señalar que, entre 1998 y 2022, se registró un incremento de la talla promedio de pargos de 4 cm y de siete cm para los meros en el PNAA (Oceana, 2022), por lo que el establecimiento del PN Bajos del Norte no sólo generaría beneficios pesqueros en su interior, sino que permitiría potenciar los efectos *spillover*<sup>1</sup> de la zona del PNAA.
- Promover la economía local ligada a la pesca en la región, fomentando la reproducción de la biomasa con el consecuente efecto *spillover*. Lo anterior, incrementa la probabilidad de que los pescadores que no pueden desplazarse hacia los sitios de pesca actuales de ciertas especies puedan acceder a zonas de pesca más cercanas; diversificando su portafolio de pesca, tanto para aprovechamiento comercial como para autoconsumo, lo que resulta en beneficios económicos y en salud, al ampliar su dieta.
- Proteger una de las principales áreas de reproducción de meros en el Golfo de México, Bajos del Norte se ha identificado como un sitio de agregación reproductiva para diversas especies de meros como *Epinephelus guttatus*, *Mycteroperca tigris*, *Mycteropera bonaci*, *Mycteropera interstitialis* y *Mycteroperca venenosa*, regular el acceso pesquero a las zonas de reproducción y crecimiento de estas especies es una medida eficiente para gestionar las especies de meros que se reproducen en estos arrecifes (Tuz-Sulub y Brulé, 2015).
- Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y la generación de conocimiento toda vez que en la propuesta de PN Bajos del Norte cuenta con parches diseminados de arrecifes coralinos de los cuales se tiene muy poca información, no se conoce aún la totalidad de su biodiversidad, ni de su funcionamiento como ecosistemas. Dadas las funciones que brindan estos ecosistemas, la gran diversidad que resguardan y la importancia económica que representan, es fundamental generar conocimiento sobre su dinámica para planear acciones de protección, conservación y restauración.

### **C) ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS, ESPECIES O FENÓMENOS NATURALES**

Como se ha mencionado, el sistema arrecifal de los Bajos del Norte es uno de los primeros puntos de conexión entre los arrecifes del Golfo de México y los del Mar Caribe, por lo que su estado de conservación es crucial y presenta un reto actual para implementar estrategias efectivas de

---

<sup>1</sup> O efecto “derrame” (spillover effect), a través del cual poblaciones de especies marinas en zonas protegidas restablecen altas tasas reproductivas y de reclutamiento, y mayores tallas, que se “exportan” hacia las zonas adyacentes fuera de las áreas de protección.



preservación y protección. En una escala de entre uno y cinco, que evalúa cuatro indicadores del arrecife (Tabla 2), donde cinco representa “muy buen estado de conservación” y uno “estado de conservación crítico” (McField & Richards, 2007), los arrecifes de Bajos del Norte se les asignó un valor promedio de 3.5 lo que corresponde a “buen estado de conservación” (Oceana, 2022).

Tabla 2. Valores asignados a cada indicador de salud arrecifal en de la propuesta de PN Bajos del Norte

INDICADOR	VALOR NUMÉRICO	ESTADO DE CONSERVACIÓN
Cobertura coralina	3.5	Bien
Cobertura de Macroalgas	1.6	Crítico
Biomasa de peces comerciales	5	Muy bien
Biomasa de peces herbívoros	5	Muy bien

Fuente: elaboración propia.

Al comparar el estado de conservación promedio del Sistema Arrecifal Mesoamericano (con valor asignado de 2.3 de 5) en el Mar Caribe y del Sistema Arrecifal Veracruzano (con valor de 3 de 5) en el interior del Golfo de México, se identifica que los Bajos del Norte se encuentran en buen estado de conservación (McField et al., 2020; Pérez-España et al., 2021; Oceana, 2022). Esta comparación no solo respalda la relevancia de los arrecifes de la propuesta de PN Bajos del Norte en términos de seguridad alimentaria, pesquerías y biodiversidad, sino que también ayuda a identificar las amenazas a las que este ecosistema está expuesto.

### Cobertura coralina

La riqueza específica de corales escleractinios (*Hexacorallia: Scleractinia*) en la propuesta de PN Bajos del Norte es de por lo menos 24 especies, siendo dominantes especies como *Orbicella faveolata*, *Montastrea cavernosa*, *Porites porites* y *Porites furcata* (Favoretto et al., 2020; Oceana, 2022). La cobertura de coral en los arrecifes de la propuesta de PN Bajos del Norte varía entre el 12 % y el 35.7 % de cobertura, siendo dominantes los sitios que cuentan con al menos el 30 % de cobertura de coralina (Oceana, 2022) (Figura 21). Por tal motivo, este sistema arrecifal ha recibido una calificación de 3.5 (bien) sobre 5 en términos de su estado de conservación, lo que refleja un nivel favorable pero no sobresaliente para este indicador. Aunque se encuentran en un buen estado de conservación, aún existen desafíos que requieren atención continua para mantener y mejorar su salud y diversidad (Oceana, 2022). Uno de estos desafíos se relaciona con el registro de una alta mortandad, de alrededor del 78 %, de corales tipo “cerebro y flor” de las especies *Diploria sp.*, *Pseudodiploria spp.* y *Eusmilia sp.* (Oceana, 2022)





Figura 21. Ejemplar de coral de la subclase Octocorallia en los arrecifes de Bajos del Norte. (Oceana, 2022)

### **Cobertura de macroalgas carnosas**

Los Bajos del Norte presentan un sobrecrecimiento de algas, principalmente de algas carnosas las cuales compiten por espacio con los corales escleractinios (González-Rivero et al., 2011; Oceana, 2022). La riqueza de especies de algas registrada es de nueve especies, dominando *Lobophora variegata* y *Styopodium zonale* (Favoretto et al., 2020). En los sitios de los Bajos del Norte, se ha registrado un sobrecrecimiento de macroalgas carnosas que oscila entre el 12 % y el 46 % de cobertura, con un promedio de 36.3 % (Favoretto et al., 2020; Oceana, 2022). El incremento en la cobertura de algas carnosas ha llevado a que los Bajos del Norte reciban una calificación de 1.6 de 5 (crítico) en este indicador. A pesar de la dominancia de estas especies, también se tiene registro de cierta cobertura de algas calcáreas, aproximadamente del 5 %, lo cual juega un papel fundamental en la promoción y establecimiento de nuevas colonias coralinas (Favoretto et al., 2020; Oceana, 2022).

### **Biomasa de peces comerciales**

Los arrecifes del sitio de la propuesta de PN Bajos del Norte cuentan con una riqueza de 190 especies de peces óseos y siete especies de peces cartilaginosos. Los grupos más abundantes de peces óseos fueron las cabrillas y meros: 14 %, seguido de los roncadores: 10 %, doncellas: 9 %, damiselas y jaquetas: 9 %, peces loro: 9 %, pargos y huachinangos: 7 %, peces vela y picudos: 4 %. En cuanto a los peces comerciales, presenta una riqueza promedio de 59.6 especies, con una biomasa aproximada entre 0.89 ton/ha y 0.6 ton/ha (Mascareñas-Osorio et al. 2019). Dentro de los peces de importancia comercial





se han registrado especies como el mero negro (*Mycteroperca bonaci*) y la mordaza (*Mycteroperca microlepis*); y las especies de meros arrecifales como *Epinephelus guttatus*, el mero tigre (*Mycteroperca tigris*) y el mero aleta amarilla (*Mycteroperca venenosa*) (Tuz-Sulub et al., 2004; Aguilar-Perera et al., 2009 y 2017; Coronado, 2010; Brulé et al., 2016). Con la biomasa de peces comerciales registrada para los Bajos del Norte, este sistema arrecifal ha recibido una calificación de 5 (Muy Bien) en términos de su estado de conservación, lo que refleja un nivel sobresaliente en este indicador.

### **Pesquería de Mero Rojo (*Epinephelus morio*)**

Muchas de las especies marinas, como peces e invertebrados, tienen ciclos de vida bifásicos (Grosberg y Levitan, 1992): inician como una larva planctónica derivando en los primeros metros de la columna de agua y en la transición a su etapa adulta, se mudan a parches de hábitat bentónicos, como por ejemplo los arrecifes rocosos o de coral.

La probabilidad de que una larva se disperse desde su lugar de nacimiento para reclutar con éxito en otro lugar es la culminación de muchos factores que operan en la vida temprana de una larva (Stephen, et al, 2019). De esta manera, al conocer la forma en que las larvas o juveniles se dispersan en una región o hábitat, es posible estimar empíricamente la conectividad de la población resultante.

En 2022 se generó un modelo hidrodinámico basado en sitios de desove a partir de datos de ubicación geográfica de flotas pesqueras en un ciclo anual en el Banco de Campeche, enfocado a estudiar los patrones de trayectoria de especies de escama comerciales (Mero de Nassau, Huachinango, Mero Rojo y Negrillo) desde su estado larval. (Oceana, 2022)

De manera generalizada, los peces que habitan en el Golfo de México y Caribe siguen un patrón de reproducción en zonas profundas fuera de la costa, con huevos pelágicos que eclosionan para convertirse en larvas pelágicas, en aguas más superficiales, quedando a merced de las corrientes. En la región de estudio, estas zonas de reproducción se ubican por debajo de los 40 m de profundidad, alcanzando profundidades de hasta 180 m que son refugio y zona de reproducción idóneas para estas especies.

Una vez que las larvas logran un mayor desarrollo, dejan las aguas superficiales y migran a fondos cubiertos por pastos marinos o manglares, donde se desarrollan hasta convertirse en juveniles. Estos juveniles migran de la seguridad de los pastos o manglares a los hábitats que utilizarán como adultos, como planicies arenosas, arrecifes rocosos y coralinos, entre otros, donde permanecerán hasta que se conviertan en adultos reproductivos.

De las especies analizadas para medir la agregación y dispersión larval en la región donde se localiza la propuesta de PN Bajos del Norte, el mero rojo (*Epinephelus morio*) es la especie más ampliamente usada como indicadora de las principales poblaciones de importancia pesquera por la autoridad científica pesquera de México, el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA). Asociada a esta se encuentran más de 20 especies distintas con las que comparte similitudes en cuanto a sus poblaciones, hábitats, zonas de refugio y dinámicas de dispersión y agregación.





El ciclo biológico y dispersión regional del mero rojo se encuentra relacionado con las modulaciones de las corrientes litorales y con la batimetría (perfil y profundidad del fondo marino), mostrando con claridad la relevancia de Bajos del Norte y el corredor que forma con el PNAA para la reproducción y conservación de especies marinas de peces óseos.

Para empezar, el aumento en la intensidad de la corriente de Yucatán hace que las larvas de esta especie liberadas en el occidente del Banco de Campeche transiten de este a oeste en zonas con profundidades entre los 45 y 80 m de profundidad, rodeando la parte sur de Bajos del Norte. Aquellas larvas que fueron liberadas en el lado oriente norte del Banco de Campeche, entre los 60 y 70 m de profundidad, recirculan temporalmente por la parte central norte del Banco de Campeche. Una vez que salen de la plataforma, se alejan hacia mar abierto.

La distribución espacial de los sitios de desove abarcó todo el ancho del Banco de Campeche entre los 20 y 60 m de profundidad, incluso más profundas.

En la zona también se observa que podría haber una conexión entre los arrecifes coralinos y rocosos que se encuentran en el rango de los 20 y 60 m de profundidad, empezando por el oriente y cruzando por la zona rocosa llamada Ifigenia, Bajo Granville, Arrecife Madagascar, Sisal y Roca Culebra, estos últimos tres se ubican en la zona occidente del Banco de Campeche. Las larvas que alcanzan a pasar zonas con 50 m de profundidad continúan su trayectoria hacia el occidente, rodeando al PNAA. Esto hace suponer que existe una conexión entre la zona rocosa de la parte central del Banco de Campeche con Alacranes y de Bajos del Norte con Alacranes.

Un panorama regional de la dispersión de larvas durante los 45 días después del desove permite observar que los sitios de agregación fueron Arrecife Madagascar, Bajo Granville, Bajos del Norte y la zona rocosa Ifigenia, en las rutas de los flujos de dispersión y que a su vez presentaron mayores concentraciones larvales. De esta manera, es posible afirmar que la trayectoria de las larvas es de oriente a occidente, producto de la corriente litoral, teniendo como punto de referencia de inicio a Cabo Catoche.

Las larvas de diversas especies, incluido el mero rojo pueden atravesar el ancho de la Plataforma de Campeche (unos 350 km) en unos días, esto es, un promedio de 21.6 km/día. Una corriente llamada de Lazo permite que áreas del oriente sur se conecten con la parte central del Banco de Campeche. El fondo marino y los cambios abruptos en la batimetría juegan un papel importante en la trayectoria de las larvas. Este análisis muestra una conexión bidireccional entre todos los bajos que existen alrededor de toda la plataforma del Banco de Campeche. La dirección varía con respecto a la especie y las condiciones físicas y climáticas presentes. Las larvas que no permanecen en los bajos de la zona central, según las condiciones oceánicas, salen del Banco de Campeche. Las larvas que salen por el lado norte siguen el curso de la corriente de Lazo para terminar en el norte y centro del Golfo de México.

Cabe resaltar que la captura de mero por muchos años estuvo conformada principalmente por el mero rojo (*Epinephelus morio*), que registró su máxima producción a principios de la década de 1970 con 19,000 toneladas al año; sin embargo, estos niveles de captura no se lograron mantener en el tiempo y en los últimos cinco años las capturas han fluctuado entre las cinco y seis mil toneladas, con



una media de 5.5 mil toneladas en 2020 (DOF, 2022), lo que representa una disminución del 71.05 % de abundancia en 50 años, un reflejo de la disminución de la biomasa poblacional.

La gran concentración de larvas y juveniles en los Bajos del Norte muestra que hay condiciones propicias para desarrollarse: aguas profundas y frías, rocas, arrecifes y fondos arenosos. Si se mantienen zonas de agregación con bajo o nulo esfuerzo pesquero, se propiciaría un desarrollo del ciclo biológico del mero desde larvas hasta adultos.

Con el tiempo, esto generará un incremento en el número de peces adultos en un lapso de 4 a 5 años, que es el tiempo que lleva a una hembra llegar a la talla y madurez sexual óptima (Oceana, 2022). Con mayor número de individuos reproductores adultos buscando espacio o territorio con miras a la reproducción, habrá procesos de migración locales y regionales hacia otras zonas de la región del Banco de Campeche, generando el efecto del *spillover*, que significa la salida de grandes cantidades de peces de su lugar de origen, haciéndose disponibles para la actividad pesquera.

### **Biomasa de peces herbívoros**

Los peces herbívoros son parte de la base en todos los sistemas arrecifales del mundo (Favoretto et al., 2020). Los Bajos del Norte tienen una gran diversidad de peces herbívoros de los cuales dominan en abundancia especies como la damisela *Stegastes partitus*, el pez loro *Scarus iseri*, el pez cirujano *Acanthurus coeruleus* y el pez ballesta *Melichthys niger* (Favoretto et al., 2020). La biomasa de los peces herbívoros presentes en los Bajos del Norte es sobresaliente con 12.4 ton/ha, con sitios que tienen registradas hasta 3.08 ton/ha (Favoretto et al., 2020). Con la biomasa de peces herbívoros presente en los Bajos del Norte, este sistema arrecifal ha recibido una calificación de 5 (Muy Bien) en estado de conservación.

## **D) RELEVANCIA, A NIVEL REGIONAL Y NACIONAL, DE LOS ECOSISTEMAS REPRESENTADOS EN EL ÁREA PROPUESTA**

En el Golfo de México y el Caribe Mexicano se presentan las estructuras arrecifales más complejas de nuestro país, la dinámica de sus ciclos internos regula y contribuye al mantenimiento de la biodiversidad de la región. En las zonas marinas del estado de Yucatán se tienen registradas un total de 41 especies de corales duros, de las aproximadamente 60 que existen en México, por lo que se considera una zona de alta diversidad y representatividad de este grupo de especies, además se encuentran nueve especies de corales blandos de los 50 registrados en el país (CONABIO, 2022, Durán & Méndez, 2010)

La presencia de arrecifes coralinos en el sitio donde se localiza la propuesta de PN Bajos del Norte es de gran relevancia a nivel nacional, debido a que estos son considerados sitios clave para diversas especies marinas que habitan en el Golfo de México, así como para aquellas que pasan alguna etapa de sus ciclos de vida en la región.

Las zonas arrecifales del extremo noreste de la Península de Yucatán son zonas de transición entre el Golfo de México y el Mar Caribe (Tunnell et al., 2007), esto significa que los arrecifes de coral de Bajos del Norte comparten especies del Caribe Mexicano y del Golfo de México; por lo que esta se considera una región de conexión ecológica y, por tanto, de alta biodiversidad. Los arrecifes de Bajos del Norte son el segundo sitio de mayor relevancia como fuente larvaria para zonas al norte, occidente



y centro del Golfo de México para diversas especies pesqueras clave para la economía de la región, solo superado por el PNAA.

La circulación en el Banco de Campeche y la zona de Bajos del Norte está caracterizada por dos movimientos principales, una corriente de norte a sur producida por la Corriente de Lazo y una de este a oeste por la corriente del litoral. Estas dos corrientes junto con las irregularidades del fondo marino generan zonas donde se mezcla el agua de la superficie con la del fondo, formando así zonas ricas en nutrientes y de gran productividad.

Dentro del polígono de la propuesta del PN Bajos del Norte se presentan zonas de surgencia, por lo que se considera un área rica en nutrientes y productividad primaria; además, los flujos hidrodinámicos de oriente a occidente permiten una alta distribución y conectividad larvaria (Oceana, 2022). De acuerdo con diversos estudios desarrollados en el área para especies de interés comercial como los meros y pulpo (Brulé et al., 2016; Tuz-Sulub, A., & Brulé, 2015; Avendaño et al., 2020), las larvas que son liberadas al extremo oriente de la Península de Yucatán se desplazan por todo el sitio de la propuesta del PN Bajos del Norte. Los procesos de asentamiento, alimentación, resguardo y agregaciones reproductivas ocurren en las zonas de menos de 40 m de profundidad y cercanas al arrecife; estos fenómenos contribuyen a que esta región sea un área de alta productividad pesquera, actividad que confiere una importante derrama económica y motor social para la región, especialmente para el estado de Yucatán (Salas et al., 2019). Un elemento de marcada influencia en el valor pesquero y productivo de esta región es el afloramiento que se produce en la porción oriental del talud de la plataforma frente al estado de Yucatán, que favorece la producción primaria. (Piñeiro, 2001)

En el Banco de Campeche se ha descrito el patrón de movimiento de las larvas del mero rojo, negrillo, huachinango, mero Nassau, pulpo maya, pulpo patón y langosta del Caribe con el objetivo de identificar sitios relevantes de exportación de larvas de estos recursos a toda la región. Bajos del Norte es el segundo sitio con mayor número de conexiones de larvas de toda esta región, sólo después de Arrecife Alacranes (Oceana, 2021).

De manera general, el movimiento y dirección de las larvas sucede de este a oeste y existe una estrecha conectividad entre Cabo Catoche, los bajos centrales, Arrecife Alacranes y Bajos del Norte, estos sitios en conjunto forman un triángulo de importancia ecológica y económica para estos recursos. La conectividad ecológica entre zonas arrecifales, entendida como la exportación e importación de fases de propagación de especies que viven asociadas a estos ecosistemas (Chavez-Hidalgo, 2009) es uno de los procesos ecológicos más relevantes para la continuidad y la salud de los arrecifes.

Los arrecifes del Banco de Campeche se caracterizan por estar relativamente alejados de la costa (aproximadamente entre 20 y 130 km) y presentan baja actividad humana por lo que conservan sus características naturales, incluidos los servicios ambientales que brindan y alto valor escénico que poseen.

Bajos del Norte es una zona fundamental para el hábitat y alimentación de especies de tortugas marinas amenazadas principalmente por la pérdida de su hábitat natural. La zona perteneciente a



Bajos del Norte ha sido identificada como parte de un sitio de relevancia (*hot spot*)<sup>2</sup> del corredor migratorio, utilizado por las hembras reproductoras de las cuatro especies de tortugas marinas que habitan el Golfo de México: tortuga caguama (*Caretta caretta*), tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) y tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) (Cuevas et al., 2020).

Realizando un análisis comparativo de los arrecifes en Bajos del norte con los Sistemas Arrecifales Mesomaricano (SAM) y Veracruzano (SAV) presentan en general un mejor estado de conservación según diversos indicadores. Comparando la cobertura coralina promedio, los Bajos del Norte tienen un 19 % más de cobertura coralina que el SAM y un 25 % más que el SAV presentando mejores porcentajes promedio (McField et al., 2020; Pérez-España et al., 2021).

Al contrastar la biomasa de peces de importancia comercial entre los Bajos del Norte, el SAM y el SAV, se destaca que los Bajos del Norte se registra una biomasa mayor, superando a lo reportado para el SAM, por un excedente de 0.81 toneladas por hectárea, y en relación con el SAV, con un aumento de 0.769 toneladas por ha (McField et al., 2020; Pérez-España et al., 2021). Esta situación evidencia que los Bajos del Norte cumplen un papel crucial como reserva significativa de peces comerciales, posiblemente contribuyendo a sostener parte de la actividad pesquera en el estado de Yucatán.

#### **D.1) CONTRIBUCIÓN DEL ÁREA ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) identifica dos opciones para hacer frente al cambio climático: la mitigación y la adaptación (CMNUCC, 1992). La mitigación se refiere a la intervención humana para reducir las emisiones o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero; mientras que la adaptación se refiere a procesos de ajuste al cambio climático real o esperado y a sus efectos, para moderar el daño o aprovechar oportunidades benéficas (IPCC, 2022).

Es en este sentido las ANP, además de proteger ecosistemas y especies, son soluciones naturales al cambio climático, ya que en cuanto a la mitigación, contribuyen de manera importante a la captura y almacenamiento de carbono; mientras que en cuanto a la adaptación, los ecosistemas protegidos pueden reducir los impactos por eventos hidrometeorológicos extremos y mantienen los servicios ecosistémicos, como la protección de las costas, la provisión de alimentos durante crisis, posibilidades de diversificación de actividades económicas, entre otros; los cuales contribuyen a reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

Estos sitios representan una oportunidad para conservar el patrimonio natural de México, fortalecer la economía y mejorar el bienestar humano, lo que permite que las comunidades más vulnerables estén mejor preparadas para enfrentar las amenazas del cambio climático. La protección de los ecosistemas, a través del decreto de creación nuevas ANP, permite mantener o mejorar la calidad de los procesos ecológicos, dando como resultado espacios naturales con mayor capacidad de recuperación, que podrán amortiguar mejor los impactos del cambio climático y mantener los

---

<sup>2</sup> Punto crítico de biodiversidad.





servicios ecosistémicos de los cuales depende la calidad de vida de las comunidades humanas que se relacionan con los ecosistemas del ANP.

Por otra parte, la creación de nuevas ANP favorece la conectividad del paisaje, atributo que permite que los organismos puedan migrar hacia sitios que tendrán características favorables para su supervivencia ante condiciones cambiantes que serán provocadas por el cambio climático. Estos espacios no son los únicos instrumentos de conservación que cumplen estas funciones; sin embargo, ofrecen ventajas únicas, ya que tienen fronteras definidas, poseen claridad legal, cuentan con un amplio respaldo nacional e internacional, además de ser instrumentos efectivos y de bajo costo. El decreto y protección de las ANP contribuye a aumentar la capacidad de adaptación de los socio-ecosistemas y mitigar el cambio climático, a través de los ecosistemas naturales, con la participación multisectorial coordinada en los distintos niveles de gobierno (CONANP, 2015).

Los ecosistemas marinos son importantes reservorios de carbono. En primera instancia, se ha estimado que los sedimentos marinos a nivel mundial pueden contener entre 2239 y 2391 Pg de carbono en el primer metro de profundidad, prácticamente el doble de lo estimado para suelos en los continentes. Solamente alrededor del 2 % de estos reservorios de carbono se encuentran en áreas marinas protegidas en las que se impide el disturbio del suelo marino (Atwood et al., 2020), el cual puede provocar una re-suspensión y mezcla de los sedimentos marinos en la columna de agua, exponiéndolos al oxígeno y al metabolismo heterotrófico que puede remineralizar el carbono produciendo CO<sub>2</sub> (Bianchi et al., 2016). Es por esto que resulta relevante la protección de estos reservorios ante los disturbios antrópicos del suelo marino como son la pesca de arrastre de fondo, la minería y la explotación de yacimientos de hidrocarburos (Davies et al., 2007; Cordes et al., 2016). La región al norte de la Península de Yucatán, en donde se encuentra la propuesta de PN Bajos del Norte, es una de las zonas importantes de almacenamiento de carbono en el Golfo de México.

Por otro lado, la biota marina constituye un elemento importante en la acumulación de carbono en los sedimentos marinos. La “bomba biológica de carbono” corresponde a una serie de procesos a través de los cuáles el carbono inorgánico (CO<sub>2</sub>) es fijado como carbono orgánico por el fitoplancton y es exportado al fondo marino (Sarmiento y Gruber, 2006; Oostdijk et al., 2022). Uno de los mecanismos por los que el carbono absorbido por el fitoplancton llega al fondo marino, y en particular a zonas profundas donde puede almacenarse, es a través de los peces y el zooplancton (Sarmiento y Gruber, 2006; Wilson et al., 2009; Boyd et al., 2019; Oostdijk et al., 2022). El zooplancton, los peces y las ballenas contribuyen a la fijación pasiva de carbono a través de su biomasa, este carbono se almacena en la red alimenticia o puede exportarse al fondo marino como detritus (Boyd et al., 2019; Oostdijk et al., 2022). La migración vertical de los peces y el zooplancton también exporta el carbono de forma activa al fondo marino al alimentarse en la superficie y excretar el carbono en las profundidades (Davison et al., 2013; Saba et al., 2021; Oostdijk et al., 2022). Por otro lado, la recuperación de las poblaciones de grandes depredadores marinos a sus niveles históricos podría contribuir al secuestro de alrededor de 1.63 millones de toneladas de carbono al año (Mariani et al., 2020; Oostdijk et al., 2022). Por tanto, recuperar y conservar la abundancia de especies marinas sobreexplotadas, así como llevar a cabo un manejo adecuado de especies no explotadas proporciona una oportunidad para mejorar y mantener importantes servicios de secuestro de carbono (Oostdijk et al., 2022).





En cuanto a los arrecifes de coral, ha existido un debate sobre si son un potencial sumidero de carbono (Kayanne et al., 1995; Chisholm et al., 1998; Yan et al., 2018; Shi et al., 2021), si son una fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> por su liberación durante el proceso de calcificación (Ware et al., 1992; Gattuso et al., 1999; Lønborg et al. 2019; Cotovicz et al., 2020; Shi et al., 2021), o si alternan entre ser fuente y sumidero (de Goeji y van Duyl, 2007; Wimart-Rousseau et al., 2020; Shi et al., 2021). Este debate deriva de la dificultad de calcular de forma consistente los flujos de carbono dada la complejidad de fenómenos físicos, químicos y biológicos que ocurren en distintas zonas de arrecifes de coral (Chisholm et al., 1998; Ware et al., 1992). En teoría, cuando en el holobionte (conjunto de coral y sus zooxantelas simbióticas) domina el crecimiento autotrófico, el carbono fijado por la fotosíntesis es mayor que el liberado por la respiración y entonces el coral es un sumidero de carbono. Mientras que cuando domina el crecimiento heterotrófico, los corales obtienen energía adicional alimentándose del zooplancton y de materia orgánica suspendida, entonces se libera más CO<sub>2</sub> por la respiración mayor a la fotosíntesis y el coral se vuelve una fuente de CO<sub>2</sub> (Shi et al., 2021).

Considerando lo anterior, la propuesta de PN Bajos del Norte podría contribuir a conservar importantes sumideros y procesos de captura de carbono lo que contribuirá al cumplimiento de los compromisos internacionales de México referentes a la mitigación del cambio climático. En este sentido, la incorporación de ecosistemas a esquemas de conservación como ANP, se considera una acción para la mitigación en la CMNUCC, el Acuerdo de París y en los instrumentos de la política nacional en la materia, particularmente en lo referente al incremento de la superficie decretada como ANP a nivel federal, contemplado en la Ley General de Cambio Climático (LGCC) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de mayo de 2012 y su última reforma, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 (PECC) publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de noviembre de 2021 y la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés).

La protección de ecosistemas marinos, incluyendo los arrecifes de coral, contribuye a conservar las especies de importancia para la pesca ya que les ofrecen refugios, sitios de reproducción y alimento (NOAA, 2022; Roberts, 2012). La promoción de actividades de pesca sustentable en estas áreas contribuye a mantener el funcionamiento de estos ecosistemas y a permitir el desarrollo de poblaciones de importancia pesquera en los mismos que puedan aprovecharse en otras zonas (Roberts, 2012). Así la contribución que hacen estos ecosistemas al mantenimiento de especies de importancia para la pesca puede considerarse de gran relevancia para la adaptación ya que al contar con esta fuente de alimentos se podría contribuir a mitigar los impactos del cambio climático sobre los sistemas de producción de alimentos que pudieran ser afectados en tierra (Fisher et al., 2017; Cottrell et al., 2019). Así los ecosistemas coralinos y pelágicos contribuyen a la seguridad alimentaria de la población.

La conservación de los ecosistemas coralinos y pelágicos en distintas áreas y extensiones tiene el potencial de continuar el servicio ecosistémico de atractivo natural de los mismos, con lo que es posible mantener una diversidad de actividades ecoturísticas que permitan a la población disfrutar de su belleza. Con ello se preserva el potencial de obtener beneficios económicos de las actividades turísticas para las comunidades locales, lo que permite la diversificación de actividades e ingresos. Con ello se fortalece la economía al contar con otras actividades que pueden generar ingresos cuando





otros sectores pudieran ser afectados por los impactos del cambio climático (Agyeman, 2019; Ashok et al., 2022).

Tomando en cuenta lo anterior, es posible decir que el establecimiento del PN Bajos del Norte aumentará la capacidad de conservar servicios ecosistémicos clave para la adaptación de la población y sus medios de vida al cambio climático.

Además de beneficiar a las comunidades humanas, el establecimiento de esta propuesta de ANP abonará a que los ecosistemas marinos de la zona tengan mayor capacidad de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, ya que a través de la conservación se espera que éstos cuenten con mayor integridad en su estructura y función para proveer las condiciones necesarias para las distintas especies que los conforman, recuperarse de impactos climáticos, además de permitir así la conectividad con otros ecosistemas, como el PNAA, para favorecer el movimiento de las especies en un contexto de cambios en el clima (Roberts et al., 2017; Jacquemont et al., 2022). En particular, la protección de los arrecifes en Bajos del Norte resulta clave ya que se ha observado que los arrecifes en zonas de surgencia tienen menor probabilidad de blanquearse y tiene mayor resiliencia (Bayraktarov et al., 2013; Shi et al., 2021), con lo que existen buenas oportunidades para conservar estos arrecifes en un contexto de aumento de la temperatura.

## **E) ANTECEDENTES DE PROTECCIÓN DEL ÁREA**

El sitio propuesto como PN Bajos del Norte no cuenta con antecedentes de protección de sus ecosistemas.

Cabe señalar que la propuesta de área natural protegida colinda con el PNAA, establecido mediante “Decreto por el que se declara como área natural protegida, con carácter de Parque Marino Nacional la zona conocida como Arrecife Alacranes, ubicada frente a la costa del Municipio de Progreso, del Estado de Yucatán”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de junio de 1994 y recategorizado como Parque Nacional mediante el “Acuerdo que tiene por objeto dotar con una categoría acorde con la legislación vigente a las superficies que fueron objeto de diversas declaratorias de áreas naturales protegidas emitidas por el Ejecutivo Federal” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 2000.

Conforme con lo establecido en el “Acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio Programa” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2012, el sitio donde se ubica la propuesta de ANP se localiza dentro de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) número 191, 197 y 198 todas ellas con acciones específicas permitidas compatibles con la categoría de Parque Nacional, entre ellas: A-018. Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando la NOM-059-SEMARNAT-2010, A-016. Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación (Figura 22. Unidades de Gestión Ambiental número 191, 197 y 198 donde se encuentra el polígono de la propuesta de PN Bajos del Norte).



Tabla 3. Superficies del polígono de la propuesta de PN Bajos del Norte en las UGA número 191, 197 y 198 según el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

UGA	SUPERFICIE DE LA UGA EN LA PROPUESTA DE ANP (HA)	PORCENTAJE RESPECTO A LA PROPUESTA DE ANP
197	1,294,754.6212	99.28 %
191	8,931.4303	0.68 %
198	428.8401	0.04 %
Total	1,304,114.8916	100.00 %

Fuente: elaboración propia.

En todo el Golfo de México, y principalmente en el suroeste de Veracruz de Ignacio de la Llave, Tabasco y Campeche, se ha desarrollado infraestructura para la producción de petróleo y gas natural, incluida la región donde se localiza la propuesta de PN Bajos del Norte específicamente la producción petrolera en altamar, terminales para la construcción de plataformas y de tuberías, y otras instalaciones relacionadas con la industria. Con la intención de apoyar a la preservación de los ecosistemas y medio ambiente, asegurando que el aprovechamiento de los hidrocarburos en el subsuelo sea congruente con la política ambiental, el gobierno federal mexicano publicó el 7 de diciembre de 2016 en el Diario Oficial de la Federación el “Decreto por el que se establece la zona de salvaguarda denominada Arrecifes de Coral del Golfo de México y Caribe Mexicano”. En este sentido se señala que 1,575.28 ha que representan el 0.12 % de la propuesta de PN Bajos del Norte, se encuentran dentro de esta zona de salvaguarda (polígono 51), en las que se prohíbe la extracción de hidrocarburos para la preservación de los ecosistemas de arrecife, lo cual, es congruente con la propuesta de área natural protegida, ya que en esta no se otorgan asignaciones ni contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos, en términos de lo dispuesto por el artículo 41, segundo párrafo de la Ley de Hidrocarburos. (Figura 23)





Figura 22. Unidades de Gestión Ambiental número 191, 197 y 198 donde se encuentra el polígono de la propuesta de PN Bajos del Norte



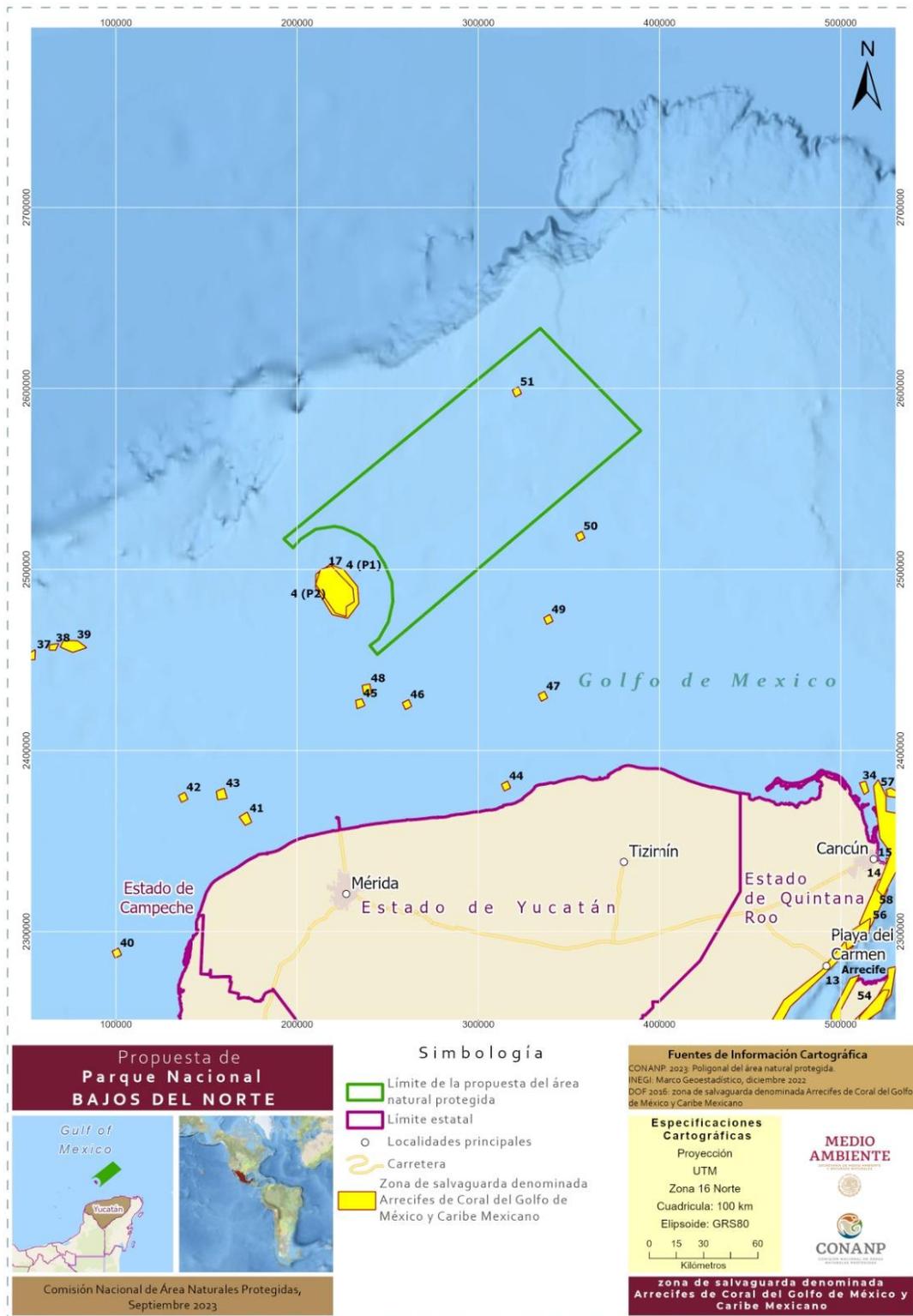


Figura 23. Ubicación del polígono propuesta para el PN Bajos del Norte respecto a la Zona de salvaguarda denominada Arrecifes del Golfo de México y Caribe Mexicano.





## **F) UBICACIÓN RESPECTO A LOS SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DETERMINADAS POR LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO)**

### *SITIOS RAMSAR*

El sitio de la propuesta de PN Bajos del Norte no se encuentra en ninguna región o zona considerada de importancia para la conservación a nivel nacional, sin embargo, se encuentra contigua al sitio Ramsar denominado Parque Nacional Arrecife Alacranes (número del sitio: 1820) (Figura 24), considerado la formación arrecifal más importante del Golfo de México y un sitio prioritario para la conservación del germoplasma de especies de especies marinas amenazadas, endémicas y de importancia económica del país, por su conectividad ecológica, a través del intercambio larvario, con la propuesta de PN Bajos del Norte podría considerarse un corredor biológico de gran relevancia para esta zona del país. (RAMSAR, 2008)

### *ECORREGIONES MARINAS DE MÉXICO*

El sitio de la propuesta del PN Bajos del Norte se encuentra dentro de la Ecorregión Marina de América del Norte número 14 “Golfo de México Sur”, en la zona 14.1.4 Plataforma del Sur del Golfo de México, Zona nerítica exterior de Campeche y Yucatán (Campeche/Yucatanean Outer Neritic). Esta zona se caracteriza por su sistema de surgencias y por la denominada “corriente de lazo”, ambas responsables del equilibrio de nutrientes en la plataforma del Golfo de México y de la conectividad genética y el intercambio biológico de las especies arrecifales, especialmente de aquellas de valor pesquero. (Figura 25)



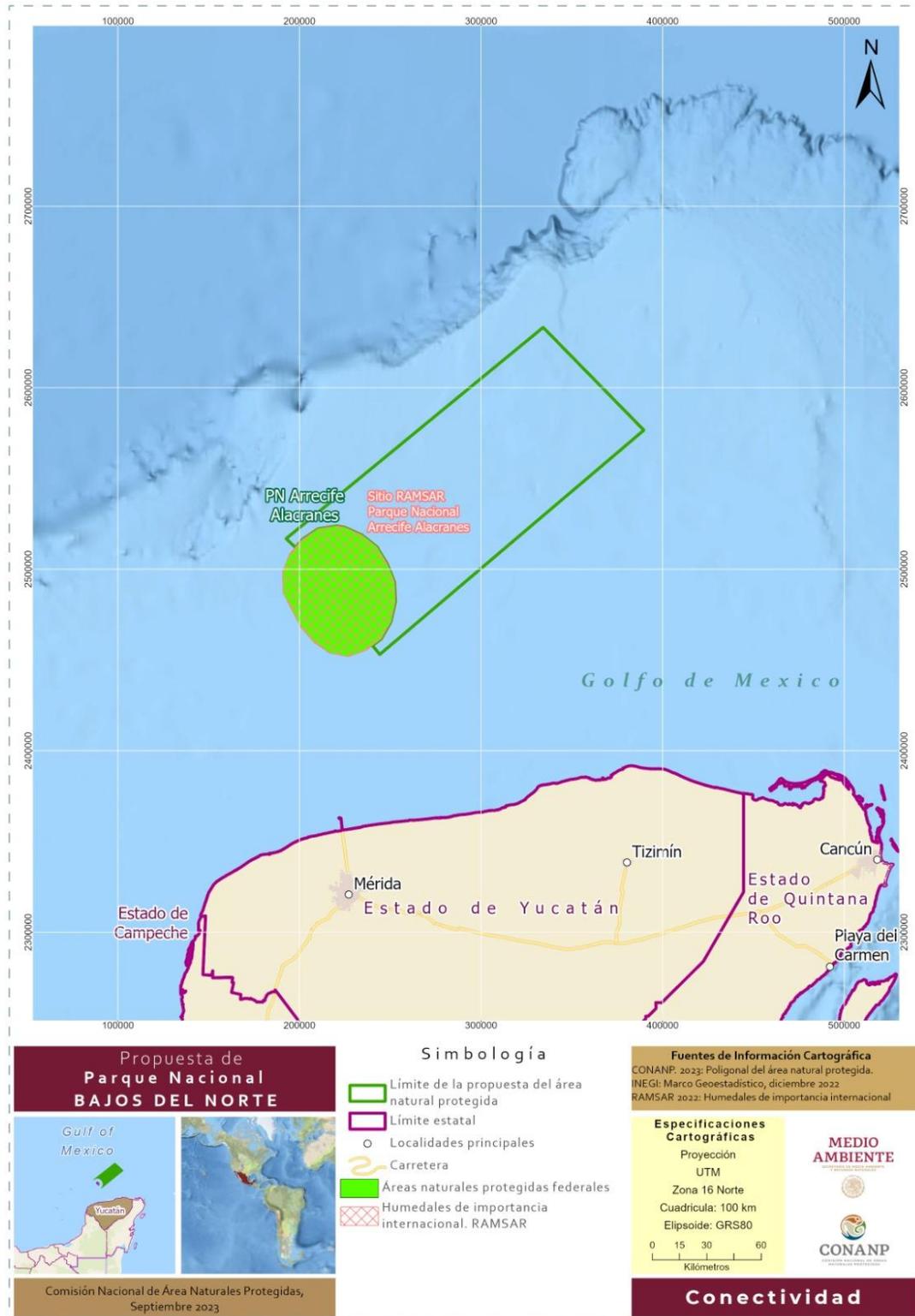


Figura 24. Ubicación del sitio Ramsar 1820 “Parque Nacional Arrecife Alacranes” colindante con la propuesta de PN Bajos del Norte.



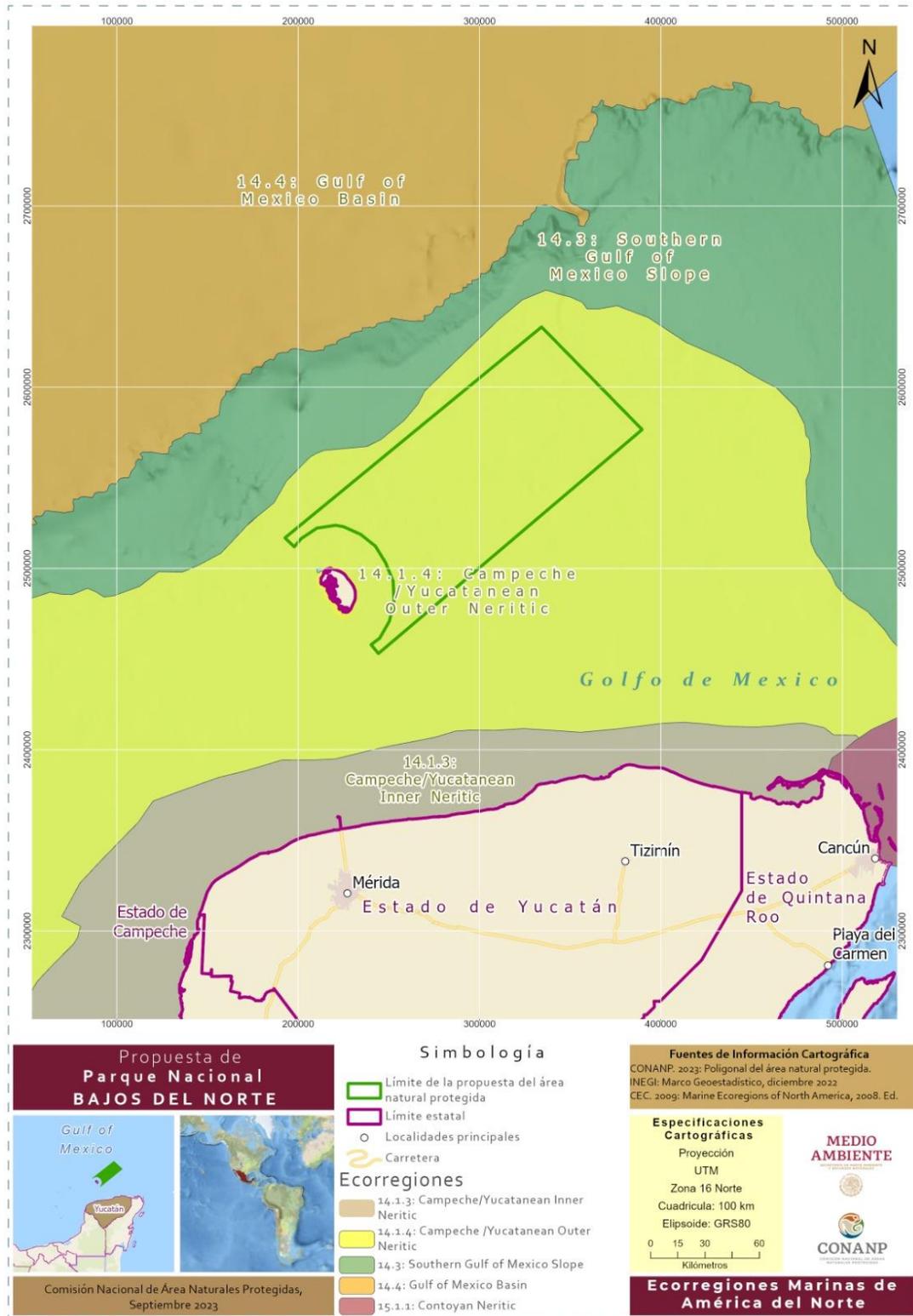


Figura 25. Ubicación de la propuesta de PN Bajos del Norte en el sistema de Ecorregiones Marinas de América del Norte





### III. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA

#### A) CARACTERÍSTICAS HISTÓRICAS Y CULTURALES

La propuesta de PN Bajos del Norte por su lejanía de la costa no suele ser visitada, ni por turistas, como sucede con el PNAA, ni por investigadores. En términos de intervención humana en el sitio, destacan dos aspectos fundamentales: la actividad pesquera local y el tránsito de navíos desde el período virreinal.

La navegación por las aguas que rodean a la Península de Yucatán es peligrosa debido a diferentes factores como las corrientes marinas adversas, el clima adverso durante la temporada de ciclones, los múltiples cayos, los bajos de arena y los negrillos (áreas rocosas), entre otros factores que afectan a la marinería.

Los únicos estudios en arqueología subacuática realizados al norte de la Península de Yucatán se han realizado en el PNAA por los investigadores del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) Barba-Meinecke *et al.* (2020) que coordinando un equipo de buzos lograron identificar 39 pecios, cuya cronología se ubica entre los siglos XVII al XX, entre los que destacan los naufragios: Ancla Macuca, Bala, Piedras Negras, Nueve Cañones Olvidados, Cañones Isla Muertos, Las Tazas, así como los vapores RMS Forth y RMS Tweed.

Con referencia a Bajos del Norte, no se han realizado estudios de arqueología subacuática en busca de pecios de acuerdo con el INAH, pero esto no significa que no haya sucedido algún naufragio en la zona, puesto que como ya se apuntó, es un área peligrosa para la navegación.

Cabe notar, que el período entre 1540 y 1650 se considera el de mayor flujo en el transporte de oro y plata entre la Metrópoli y sus colonias, de los 11 mil buques que hicieron el recorrido de América a España se perdieron 519 barcos, la mayoría por tormentas u otros motivos de índole natural. Solo 107 lo hicieron por ataques piratas, es decir, menos del 1 %. Un daño mínimo que se explica por la gran efectividad del sistema de convoyes español que encontraba su estación final en Sevilla (Hurtado, 2020).

La Flota de Indias (Figura 26) fue el monopolio comercial de la Corona española entre América y España, este mecanismo constituyó la esencia de la denominada “Carrera de Indias” que conectaba a Sevilla con Veracruz, en su tramo por el Golfo de México surcaba por lo que hoy denominamos Bajos del Norte en su camino a La Habana en Cuba, donde concurrían todas las riquezas del continente para partir a España con la debida escolta militar en un calendario que trataba de evitar el azote de los huracanes. Pero antes de la Conquista de México en 1519, los buques partían en solitario de las Antillas a Europa, para protegerse estaban obligatoriamente armados, así fue en las primeras décadas del siglo XVI, pero con la necesidad de defender los mercados españoles que iban o venían de las Indias se hicieron necesarias las escoltas, pues el ataque pirata más temprano registrado corresponde al año de 1522, cuando Juan Florín, corsario italiano al servicio de Francia, se apoderó de dos de las tres naves que Cortés enviaba a España con los tesoros mexicanos, un suceso que bien vale para una novela épica, pues se dice que además de los tesoros transportaba tres jaguares vivos y huesos de mamut para evidenciar la existencia de gigantes en el continente. A partir de 1526 la Casa de Contratación estableció la regulación para que los navíos surcaran los mares reunidos en flotas o en conserva para





## B) ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS RELEVANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL

Si bien la propuesta de PN Bajos del Norte no tiene conexión directa con comunidades terrestres ya que se encuentra 100 % en territorio marítimo, si se puede considerar que tiene influencia sobre dos municipios geográficamente. Los municipios costeros que se encuentran frente a la zona propuesta y desde los cuales parte la flota de mediana altura son Progreso y Dzilam de Bravo. (Tabla 4)

Tabla 4. Municipios y comunidades pesqueras que se ubican frente al polígono propuesto para el PN Bajos del Norte, que cuentan con flota de mediana altura.

Municipio	Comunidades pesqueras
Progreso	Progreso
	Chuburná
	Yucalpetén
	Chixchulub Puerto
Dzilam de Bravo	Dzilam de Bravo

Fuente: elaboración propia.

### Población

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2020 el número de habitantes en el estado de Yucatán fue de 2,320,898. Los municipios costeros ubicados frente a Bajos del Norte concentraban cerca de 8 % del total de esta población (Tabla 5). En el Municipio de Progreso se registraron 66,008 habitantes (50 % hombres y 50 % mujeres). En comparación con el Censo de 2010, la población en Progreso tuvo un aumento promedio de 22.3 %. La densidad poblacional promedio en el municipio de Progreso, dada su extensión territorial de 270.10 km, es de 183.1 habitantes por km<sup>2</sup>, lo cual representaría una distribución de espacio bastante cómoda para la población del municipio. Sin embargo, la mayor concentración de la población se localiza en el área comprendida dentro de la cabecera municipal, ya que es la zona de mayor crecimiento y desarrollo dentro del municipio. El municipio de Dzilam de Bravo se considera una comunidad pequeña con 2,936 habitantes con una extensión de 241.4 km<sup>2</sup>

Tabla 5. Población de los municipios costeros de Yucatán

Municipio	Población
Dzilam de Bravo	2,936
Progreso	66,008

Fuente: INEGI, 2020.

### Educación

Según datos del INEGI, en 2020 Yucatán contaba con el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más (es de 9.6 años de educación cursada), lo que equivale al primer año de bachillerato. En el municipio de Progreso la tasa de alfabetización entre el grupo de edad de 15-24 años es de 98.4 % y 97.6% para el municipio de Dzilam de Bravo (Tabla 6).



Tabla 6. Tasas de alfabetización por municipio

Municipio	% alfabetización 15-24 años	% alfabetización 25 años y más
Dzilam de Bravo	97.6	88.9
Progreso	98.4	94.4

Fuente: elaboración propia.

En general la tasa de alfabetización de personas entre 15 a 24 años es mayor al 97 % en todos los municipios que se encuentran frente a la propuesta de ANP, la mayoría de la población cuenta con educación básica y cerca de un 20 % con educación media superior (Tabla 7).

Municipio	% Alfabetización 15 - 24 años	% Alfabetización 25 y más años	% Población educación básica	% Población educación media	% Población educación superior	% Población con rezago educativo
Dzilam de Bravo	98.8	93.3	57.2	26.9	10.2	20.3
Progreso	98.9	95.6	55.4	23.5	17.4	19.5

Tabla 7. Características educativas de los municipios costeros que se encuentran frente al área propuesta

(Fuente: INEGI, 2021).

### Salud y Seguridad Social

De acuerdo con los datos reportados por diversas instituciones (Tabla 8), puede observarse que los indicadores de salud considerados son altamente variables entre en los municipios costeros que se encuentran frente a la zona de Bajos del Norte. Cabe destacar que en todos los municipios el porcentaje de personas que enfrenta carencias por acceso a los servicios de salud es menor al 35 %, siendo Progreso el municipio con más carencia en este sentido con 34.1 %.

Tabla 8. Acceso a servicios de salud y seguridad social en los municipios costeros que se encuentran frente al área propuesta

Municipio	% carencia por acceso a los servicios de salud	% carencia por acceso a seguridad social
Dzilam de Bravo.	21.7	82.2
Progreso	34.1	62.2

(Fuente: CONEVAL, 2022).

### C) USOS Y APROVECHAMIENTOS, ACTUALES Y POTENCIALES DE LOS RECURSOS NATURALES

Con el fin de reconocer la importancia económica de los recursos naturales asociados al polígono del ANP propuesta, a continuación, se revisan los principales usos de los recursos naturales en la propuesta de PN Bajos del Norte.



### C.1) Usos actuales

#### **Pesca comercial**

En el contexto estatal, el sector pesquero en Yucatán es de suma importancia para la economía del estado, en 2020 produjo 36 mil toneladas de productos marinos con un valor de 2,033 millones de pesos; en ese mismo año se registró una población de 16,936 pescadores, 527 embarcaciones mayores y 3,974 embarcaciones ribereñas (CONAPESCA, 2020). En esta actividad alrededor de 13,700 personas dependen de la cadena de pescados y mariscos, de los cuales el 90 % se dedica directamente a la captura en el mar (INEGI, 2019). En términos de empleos, a nivel estatal hay reportados más de 16 mil pescadores y se estima que más de 80 mil personas participan en actividades asociadas a la pesca, incluyendo compraventa, distribución y almacenamiento. (Tabla 9)

Tabla 9. Características generales del sector pesquero en el estado de Yucatán <b>Características/ referencias</b>	<b>Yucatán</b>
Línea de costa (km)(a)	340
Población de pescadores registrados (b)	16,936
Población estimada en actividades de pre y post captura (c) N = población registrada en la captura x (5)	84,680
Número de embarcaciones industriales (12-25 m) (b)	527
Número de embarcaciones artesanales (7-12 m) (b)	3,974
Volumen estatal de captura (t) (b, d, e)	53,428
Valor total de la captura (miles de pesos) (c)	2,402,116
Número de plantas pesqueras	48
Posición nacional (volumen)	9
Posición nacional (valor)	5
Principal recurso pesquero	Pulpo y mero

Fuente: (a) INEGI, 2021; (b) CONAPESCA (2020); (c) Coronado et al (2020); (d) CONAPESCA (2008); (e) CONAPESCA (2023).

#### **Relevancia regional**

A nivel regional, en las comunidades de Progreso y Dzilam de Bravo se desarrolla la pesca comercial, esta actividad se realiza con diferentes flotas, la artesanal y la de mediana altura —también conocida en la región como industrial—, cuyas características particulares limitan sus zonas de operación (Tabla 10) Dada la distancia a la costa de Bajos del Norte, la flota de mediana altura es la única que puede acceder a esta zona (Salas et al., 2019; Coronado et al., 2020).

Tabla 10. Características de las flotas pesqueras que operan en el estado de Yucatán.

<b>Características</b>	<b>Flota artesanal</b>	<b>Flota mediana altura</b>
Eslora (m)	7-12	> 12
Motor (HP)	40-75-120	120-365
Tripulantes	1 – 3 -6	8 – 15



Características	Flota artesanal	Flota mediana altura
Artes de pesca	Línea de mano, hookah/buceo, redes	Palangre, bicicleta, trampas hookah
Viaje de pesca (días)	1-2 / 3-5	10-18
Profundidad del área de pesca (m)	5-35-50	30-200
Distancia recorrida (MN)	2-40-60	35-200

Fuente: Elaboración propia con base en Salas et al (2019) y Coronado et al (2020).

De acuerdo con los Planes de Manejo Pesquero publicados en el Diario Oficial de la Federación para especies de escama, langosta, pulpo y tiburón (“Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero para la langosta espinosa (*Panulirus argus*) de la Península de Yucatán”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de marzo de 2014; “Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de pulpo (*O. Maya* y *O. Vulgaris*) del Golfo de México y Mar Caribe”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 2014; “Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Mero (*Epinephelus morio*) y especies asociadas en la Península de Yucatán”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 2014), la flota industrial de la Península de Yucatán tiene acceso para transitar y realizar actividades pesqueras en la región y al interior de la propuesta de PN Bajos del Norte.

La actividad pesquera brinda seguridad alimentaria para los pobladores de las zonas costeras. Este sector también es considerado motor económico para los países productores, especialmente de aquellos en vías de desarrollo, al generar divisas por concepto de exportaciones. Muchas de las características que identifica a los diferentes sectores pesqueros son dadas por los aspectos biológicos de las especies explotadas y las características socioculturales locales, por lo que se han descrito como sistemas altamente complejos, diversos y adaptativos (Salas et al., 2019a; Coronado et al., 2020; FAO y PNUMA, 2020).

Particularmente para el impacto de la pesca comercial en la región donde se ubica la propuesta de PN Bajos del Norte, se han identificado 3 cooperativas que pescan en estos arrecifes y su zona de influencia con una flota pesquera conformada por 402 embarcaciones de mediana altura. Estas embarcaciones pescan en la propuesta de PN Bajos del Norte y en la zona de aprovechamiento comercial del PNAA y en sus alrededores. Operan con permisos de pesca para langosta y escama y cuentan con embarcaciones de aproximadamente 44 a 55 pies de eslora (hasta 18 m) con motor estacionario y con el equipamiento necesario para la operación que les permite tanto las labores de pesca y mantenimiento de la captura (artes de pesca, carnada, combustible, agua dulce, hielo, neveras). Estas embarcaciones están equipadas con las artes de pesca según la especie objetivo: trampa y buceo libre y con compresor, gancho (langosta); arpón, long-line, bicicleta, palangre y línea de mano (escama). La tripulación a bordo de cada embarcación consta desde 5 a 14 pescadores quienes se reparten las tareas a bordo y el número de pescadores varía dependiendo el objetivo de pesca. Es importante resaltar que esta actividad en estas dos áreas arrecifales brinda sustento a 3,090 familias en la zona (DOF 2014; 2014a; 2014b).



En el estado de Yucatán, las pesquerías se han analizado y manejado a nivel de las principales especies objetivo (mero, pulpo, langosta) (CONAPESCA, 2020), y si bien en los planes de manejo de estas especies han intentado traer a la vista los contextos socioeconómicos, el esquema de manejo continúa basándose en aspectos biológicos uniespecíficos, con un enfoque jerárquico y lineal.

### Mero y especies asociadas

La pesquería de mero es un recurso de gran importancia a nivel nacional y regional, el mayor volumen de su captura lo aporta la Plataforma de la Península de Yucatán o Banco de Campeche. Esta pesquería se considera como el motor del desarrollo pesquero en el estado de Yucatán, ya que emplea cerca de 80 % de la mano de obra dedicada a la pesca, genera divisas por concepto de exportaciones y emplea un número importante de empresarios, obreros, mecánicos, etc. La flota de mediana altura escamera en Yucatán está compuesta por 522 embarcaciones, y es operada por 72 permisionarios, 17 Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera y ocho Sociedades de Solidaridad Social. De acuerdo con el Plan de Manejo Pesquero de Mero y especies asociadas antes referido, las embarcaciones de mediana altura con permiso de escama se encuentran distribuidas en los puertos de Celestún, Progreso, San Crisanto, Telchac, Dzilam de Bravo y Río Lagartos, por lo que los beneficios económicos derivados de la pesca en la zona de Bajos del Norte se distribuyen entre las comunidades mencionadas.

A pesar de que el mero rojo es la especie objetivo, esta representa menos de 40 % de la captura de la flota industrial. El 40 % restante corresponde a múltiples especies de las familias Serranidae y Lutjanidae principalmente, que incluyen a otros meros, rubias y pargos (DOF, 2014; Coronado, 2010). La pesquería está conformada, además del mero rojo (*Epinephelus morio*), por otras 20 especies de meros y 16 especies asociadas (Tabla 11).

Tabla 11. Lista de especies asociadas a la pesquería de mero rojo en el Banco de Campeche según la NOM-065-PESC-2007 Se solicita precisar si la actividad pesquera dentro de la propuesta de PN Bajos del Norte, ya que es importante contar con esta información para poder sustentar el Decreto.

Nombre común y local	Nombre científico
Mero aleta amarilla o extraviado	<i>Epinephelus flavolimbatus</i>
Mero negro o Fiat	<i>Epinephelus nigritus</i>
Mero colorado o payaso	<i>Epinephelus guttatus</i>
Mero pintarroja o lenteja	<i>Epinephelus drummondhayi</i>
Mero cabrilla o cabrilla verde	<i>Epinephelus adscensionis</i>
Mero guasa o cherna	<i>Epinephelus itajara</i>
Mero listado	<i>Epinephelus mystacinus</i>
Cherna pintada o plateado	<i>Epinephelus niveatus</i>
Cherna criolla o jabado	<i>Epinephelus striatus</i>
Cuna bonací o negrilla	<i>Mycteroperca bonaci</i>
Cuna aguají o abadejo	<i>Mycteroperca microlepis</i>





Nombre común y local	Nombre científico
Cuna de piedra o Guacamaya	<i>Mycteroperca venenosa</i>
Cuna amarilla o gallina	<i>Mycteroperca interstitialis</i>
Cherna enjambre	<i>Cephalopholis cruentata</i>
Cherna cabrilla o guativere	<i>Cephalopholis fulva</i>
Mero mármol	<i>Dematolepis inermis</i>
Bandera española o biajaiba	<i>Gonioplectrus hispanus</i>
Cuna lucero o diablito	<i>Paranthias furcifer</i>
Cuna garopa o gallina	<i>Mycteroperca phenax</i>
Cuna gata o vampiro	<i>Mycteroperca tigris</i>
Huachinango del Golfo	<i>Lutjanus campechanus</i>
Lunajero o pargo criollo	<i>Lutjanus analis</i>
Pargo mulato	<i>Lutjanus griseus</i>
Rubia o villajaiba	<i>Lutjanus synagris</i>
Huachinango aleta negra	<i>Lutjanus buccanella</i>
Huachinango ojo amarillo	<i>Lutjanus vivanus</i>
Guacha o pargo perro	<i>Lutjanus jocu</i>
Pargo Canané	<i>Ocyurus chrysurus</i>
Mojarrón	<i>Calamus bajonado</i>
Cachipluma	<i>Calamus campechanus</i>
Boquilla o chacchí	<i>Haemulon plumieri</i>
Coronado	<i>Seriola zonata</i>
Cotorro o besugo	<i>Rhomboplites aurorubens</i>
Boquinete	<i>Lachnolaimus maximus</i>
Conejo Amarillo	<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>

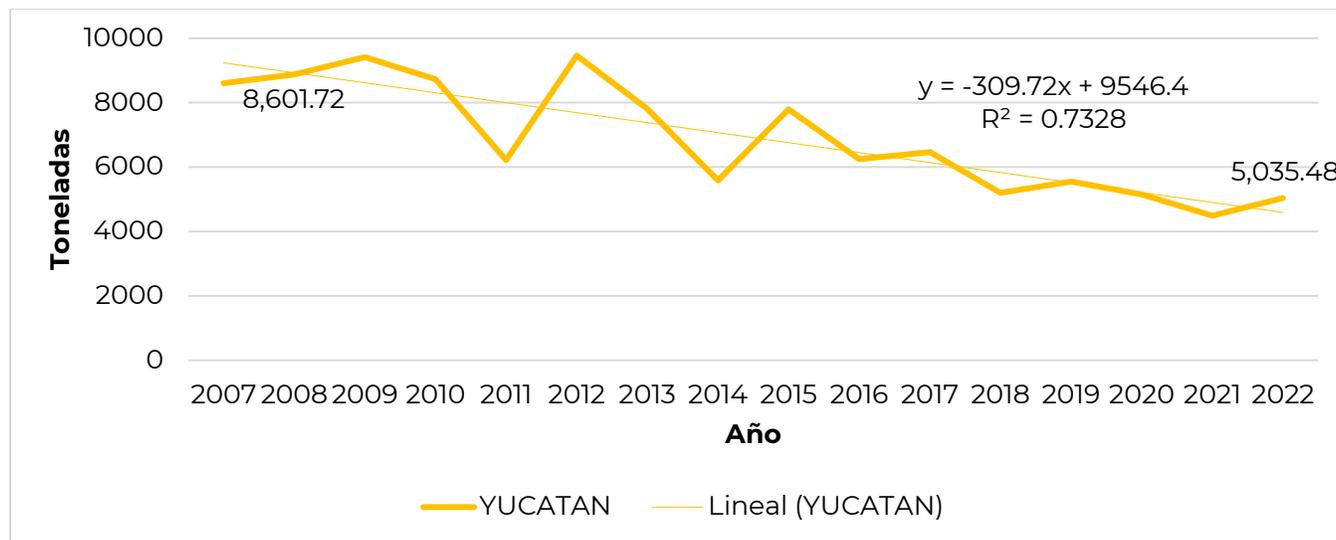
Fuente: DOF (2014)

La captura de mero por muchos años estuvo conformada principalmente por el mero rojo *Epinephelus morio*, que registró su máxima producción a principios de la década de 1970 con 19,000 toneladas al año; sin embargo, estos niveles de captura no se lograron mantener en el tiempo y en los últimos cinco años las capturas han fluctuado entre las cinco y seis mil toneladas, con una media de 5.5 mil toneladas en 2020 (DOF, 2022), lo que representa una disminución del 71.05 % de abundancia en 50 años, un reflejo de la disminución de la biomasa poblacional.





Asimismo, de acuerdo con información de la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2023), la producción de mero en Yucatán ha tenido una tendencia a la baja en los últimos 15 años, con una reducción promedio de 310 toneladas por año (Figura 28. Producción de mero en Yucatán entre 2007 y 2022). De seguir esta tendencia, en los próximos 10 años la producción de mero se habrá reducido a aproximadamente 41.45 % de la producción registrada en 2007, una reducción de 3,566.24 toneladas.



*Figura 28. Producción de mero en Yucatán entre 2007 y 2022.  
Fuente: Elaboración propia con base en datos de CONAPESCA (2023).*

Esta disminución se atribuye al incremento del esfuerzo pesquero, a las políticas de subsidios que estimularon una mayor inversión en la industria pesquera, a la captura del stock reproductor de hembras más grandes y fecundas en zonas profundas, reduciendo el potencial reproductivo (INAPESCA, 2014), y a los métodos de mantenimiento de la producción para su comercialización, como el uso generalizado de hielo, cámaras de congelación y empaque, que permitieron alargar la vida útil del producto, lo que ha generado que la pesquería se encuentre en niveles no sustentables de largo plazo. Adicionalmente, los efectos ambientales del cambio climático al incrementarse la temperatura afectan negativamente el proceso de reproducción del mero rojo, a través de la inhibición de la madurez.

Sin embargo, el valor de la producción de la pesquería de mero ha ido al alza. Ello se explica por el incremento de 222.5 % en el precio por kilogramo de mero en la entidad (CONAPESCA, 2023). Es decir, la reducción en la producción se ha visto sobre compensada por incrementos en precio. Si bien esto tiene impactos positivos en la economía al tratarse de una especie de relevancia comercial, supone un riesgo a su preservación y a su acceso por parte de los mercados locales.

De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera 2022 (DOFa, 2022), el mero rojo (*Epinephelus morio*) se encuentra sobreexplotado y su pesquería en deterioro, por lo cual es urgente elaborar y poner en práctica estrategias sustentables que tengan como objetivo su recuperación. La situación del recurso y los bajos niveles de producción y rendimiento pesquero, son motivo de preocupación por parte de



todo el Sector Pesquero, particularmente de pescadores, permisionarios, industriales y autoridades (Coronado, 2010; DOF, 2014).

De acuerdo con el modelo dinámico de producción excedente e indicador de abundancia relativa realizado por el INAPESCA, el cual sigue la metodología del diagrama de Kobe, el stock de mero rojo (1986- 2020) se encuentra sobreexplotado con bajos niveles de biomasa, lo que lo mantiene alejado de producir el rendimiento máximo. Además, se observa que un elevado esfuerzo pesquero se relaciona con una baja abundancia de individuos, y cuando el esfuerzo pesquero se reduce, la abundancia relativa se incrementa (Figura 29).

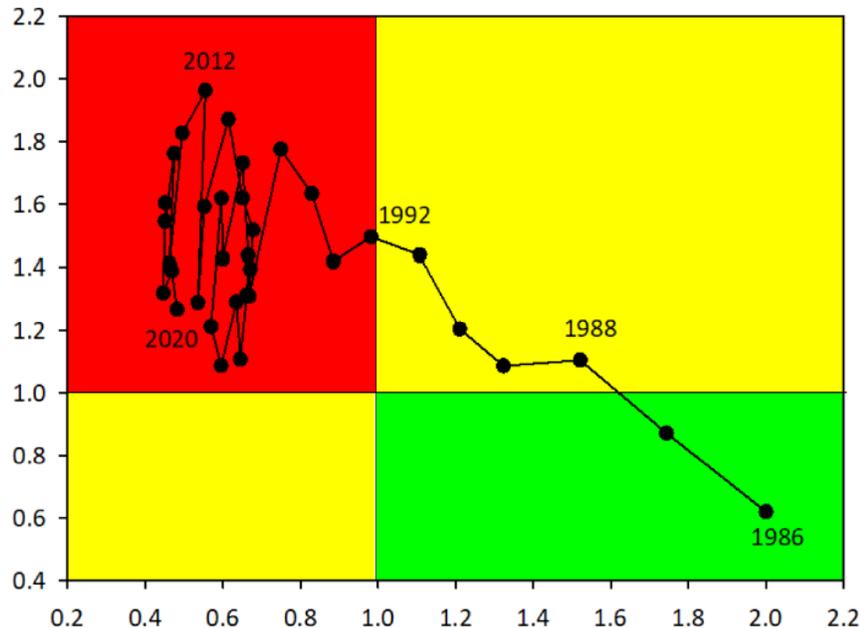


Figura 29. Diagrama de Kobe relativo al estado del stock vulnerable a la pesca del mero rojo *Epinephelus morio*, en el Banco de Campeche durante el periodo 1986-2020 (DOF, 2022).

Al respecto, el “Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera”, publicado el 21 de julio de 2023 en el Diario Oficial de la Federación, recomienda para el manejo de la especie:

- No incrementar el esfuerzo pesquero
- Promover el ordenamiento pesquero en el estado de Yucatán.
- Establecer áreas que sirvan de refugio para proteger juveniles y adultos reproductivos
- Entre otras medidas de manejo y prevención, a fin de incrementar la abundancia poblacional.

Cabe señalar que en la zona del arrecife Bajos del Norte está permitida la pesca de mero y especies asociadas; la actividad la realiza la flota industrial (también conocida como de mediana altura) de Yucatán, que cuenta con la tecnología y características para operar en esta zona a más de 150 km de la costa (DOF, 2014; Figura 30).



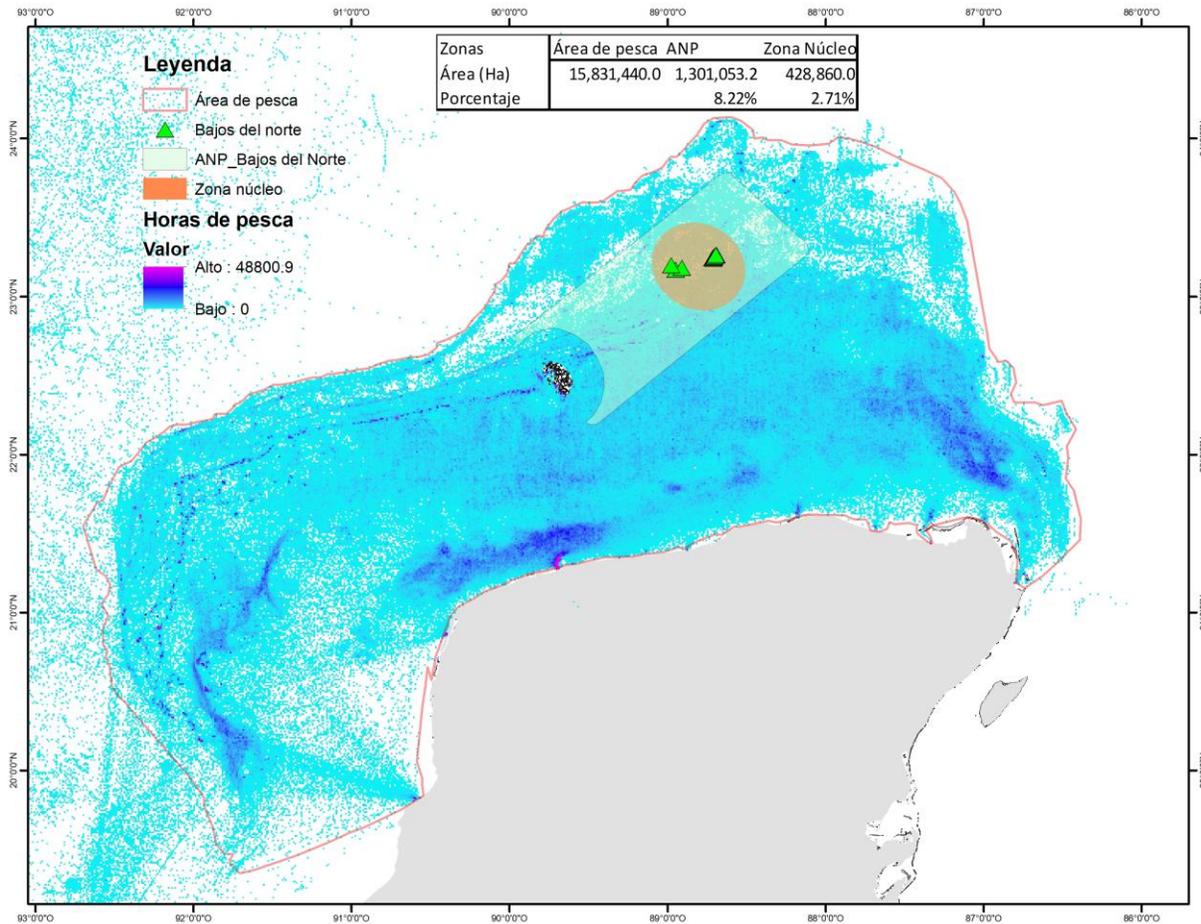


Figura 30. Zonas de pesca en la propuesta de PN Bajos del Norte y áreas colindantes.

Adicionalmente, el área dentro de la cual se encuentran los arrecifes de la propuesta del PN Bajos del Norte es considerada como zona de captura incidental de tiburón (DOF, 2022). Por ende, se vuelve necesario establecer medidas de conservación de la especie y demás especies asociadas de largo plazo.

En este sentido, la zona núcleo propuesta forma parte de una estrategia que permite conservar sitios importantes de refugio y reproducción para la especie, con el objeto de incrementar la abundancia poblacional de manera regional, generando un efecto de *spillover* o derramamiento, es decir, que en las áreas libres de pesca, los individuos logren alcanzar etapas más elevadas de su desarrollo vital, los cuales, una vez alcanzado cierto grado de madurez, se desplazan fuera de esta zona, beneficiando la productividad regional con individuos mayor talla, peso y calidad. Asimismo, dado que el mero constituye una especie indicadora al encontrarse asociada a 16 especies más, si se garantiza la reproducción y bienestar de esta especie, se hará para el resto de las especies asociadas, entre las que se encuentran varias de interés comercial.



### Langosta espinosa

En el caso de la pesquería de la langosta, está regulada con base en la “Oficial Mexicana NOM-006-SAG/PESC-2016, Para regular el aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico incluyendo el Golfo de California”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2016. Entre las regulaciones que prevé destacan las especificaciones del arte de pesca, incluyendo buceo libre o en “apnea”, buceo autónomo con “scuba”, buceo con “hookah” o compresos y con el auxilio de refugios artificiales denominados “casitas”, pudiéndose utilizar ganchos como instrumentos complementarios, la utilización de trampas que permitan extraer a los organismos vivos y devolver a su medio natural a los ejemplares menores a la talla mínima de pesca establecida y a las hembras con hueva. Asimismo, se disponen vedas temporales del 1 de marzo al 30 de junio conforme al “Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero para la langosta espinosa (*Panulirus argus*) de la Península de Yucatán.”, publicado el 13 de marzo de 2014 en el Diario Oficial de la Federación.

Considerando la distribución del recurso, así como las zonas de pesca y las características de la pesquería, en el Plan de Manejo de langosta se han definido cuatro zonas de pesca y nueve unidades funcionales de manejo pesquero (UFMP) que corresponden a las zonas de pesca autorizadas (Figura 31). Si bien tres zonas son colindantes a la zona costera, una de ellas corresponde a áreas profundas Alacranes-Progreso colindantes al PNAA (DOF, 2014).

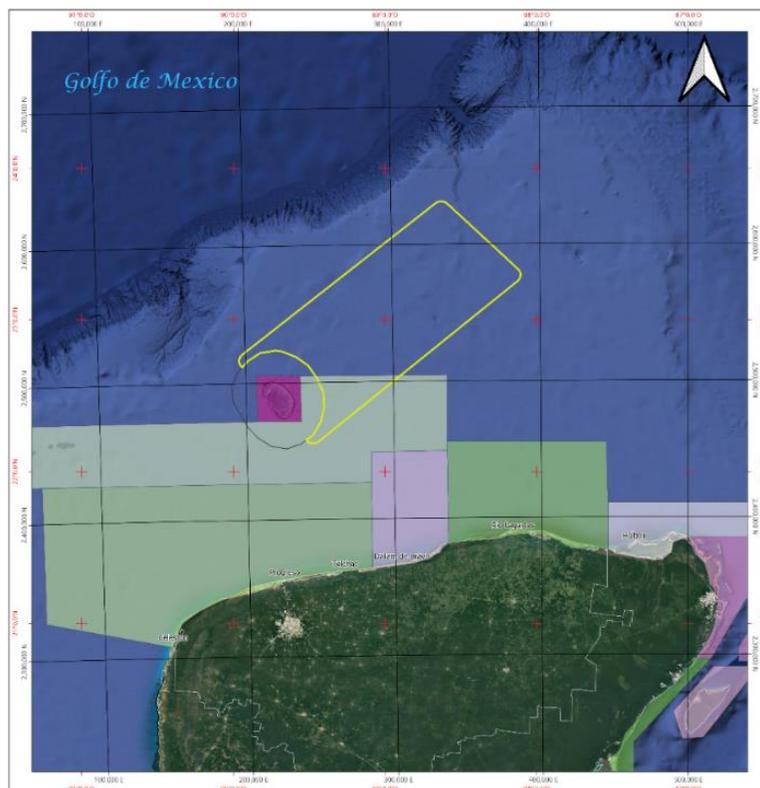


Figura 31. Localización de unidades de manejo pesquero de langosta en la Península de Yucatán.



Sobre el hábitat en donde se captura la mayor cantidad de adultos se tiene poca información, estos generalmente se capturan arriba de los 30 m de profundidad con trampas, por lo menos en la Plataforma de Yucatán. Para el Arrecife Alacranes, se ha observado que el hábitat de organismos subadultos y adultos que se encuentran entre los 20 y los 30 m de profundidad son sitios que presentan una arquitectura compleja y una alta diversidad, conformados por asociaciones coralinas de coral duro (Hexacorales) (Ríos-Lara et al., 2007). En los Bajos del Norte, algunos buzos han observado langostas adultas aproximadamente a los 30 m de profundidad (20 brazas). En refugios que se encuentran en la pendiente sobre las paredes arrecifales, el sistema arrecifal Bajos del Norte (como ya se describió en secciones previas) está conformado por varias elevaciones sobre el lecho marino, que se encuentran entre los 80 y 86 m de profundidad (44-48 brazas), lo cual es de gran importancia en términos pesqueros porque es muy productivo (DOF, 2014a).

La producción de langosta en el estado Yucatán, entre 2006 y 2020, se muestra en la Figura 32. Se puede observar la tendencia creciente en las capturas del Estado, así como el volumen de captura por zonas de pesca; entre 2006 y 2014 la producción de la zona Alacranes-Progreso era 50 % más alta.

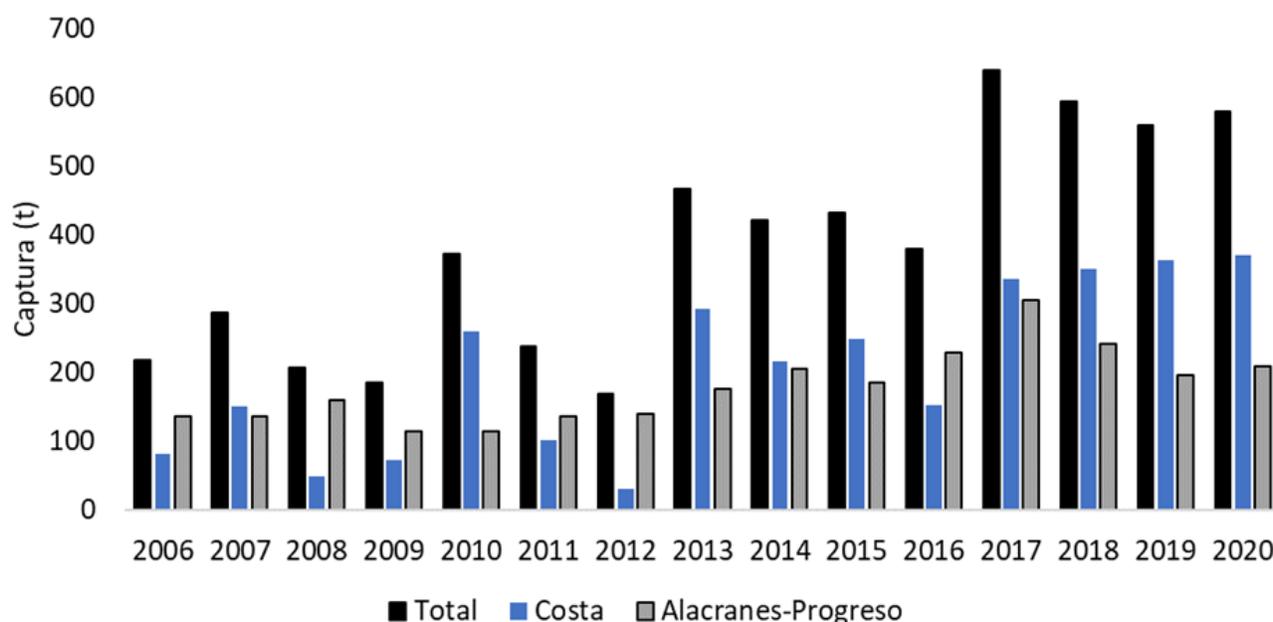


Figura 32. Captura de langosta total y por zonas de pesa en el estado de Yucatán durante el periodo 2006-2020 (Elaboración propia con base en datos de CONAPESCA).

### Pulpo

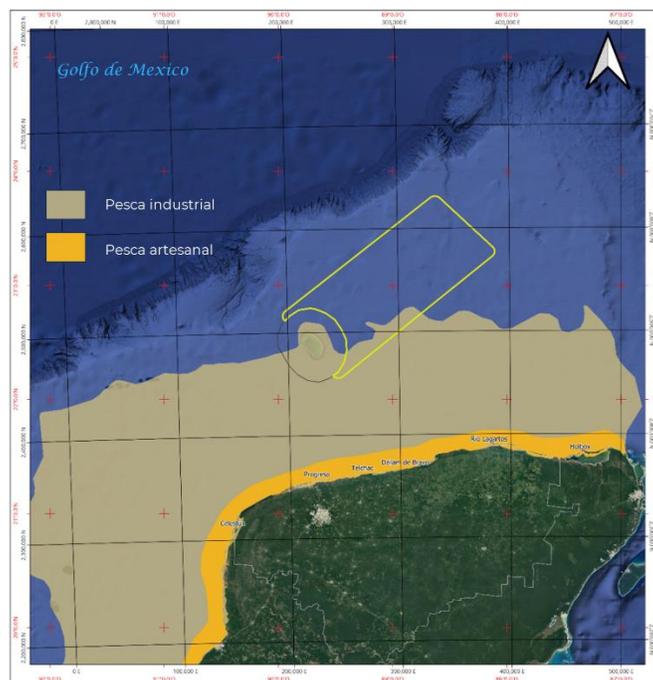
Actualmente, la pesquería de pulpo es una de las más importantes a nivel nacional, ocupa el lugar 10 en volumen y el cuarto lugar por su valor (CONAPESCA, 2019). En 2016, México se posicionó como el tercer exportador de pulpo a nivel mundial, solo superado por Marruecos y Mauritania. La pesca de pulpo ocurre en ambos litorales mexicanos (Pacífico y Atlántico). La producción de la zona Atlántico (Golfo de México y Mar Caribe Mexicano) aporta en promedio 97 % a la captura nacional y de este volumen 98 % procede de desembarques de la Península de Yucatán (Yucatán y Campeche), que



realizan operaciones en el Banco de Campeche, por lo que esencialmente se considera que la península sostiene la pesquería nacional de pulpo (DOF, 2014b; Coronado et al., 2020).

En el estado de Yucatán, el pulpo es capturado por dos flotas: la artesanal y la industrial (Figura 33). Ambas flotas capturan pulpos utilizando un arte de pesca local y altamente selectivo conocido como alijos (pequeñas embarcaciones de 3 m de largo sin motor) y jimba (palos de bambú que por lo general utilizan un cangrejo como carnada) (DOF, 2014b; Avendaño et al., 2020).

Actualmente, se capturan dos especies, *Octopus maya* y *O. vulgaris*; en conjunto, ambas especies representan la pesquería más importante en la región en términos de empleos (15,000 empleos de manera directa) y volumen, aportando 30-35 % del volumen total de captura reportado en la región (DOF, 2014b; Avendaño et al., 2020).



*Figura 33. Zonas de captura de pulpo por las flotas de la Península de Yucatán.*

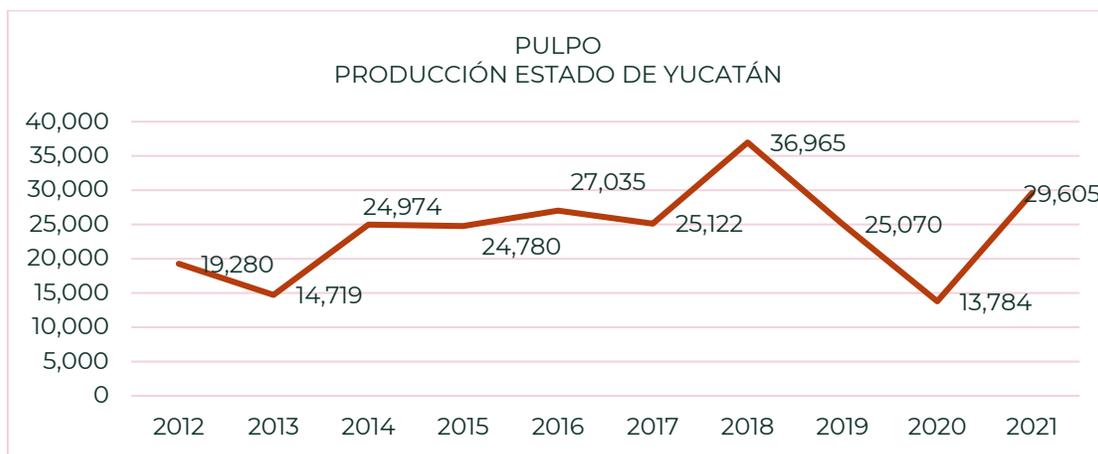
Actualmente, se capturan dos especies, *Octopus maya* y *O. vulgaris*; en conjunto, ambas especies representan la pesquería más importante en la región en términos de empleos (15,000 empleos de manera directa) y volumen, aportando 30-35 % del volumen total de captura reportado en la región (DOF, 2014b; Avendaño et al., 2020).

La producción de pulpo en los estados de Yucatán y Campeche entre 1980 y 2020 se muestra en la Figura 34. Se puede observar la tendencia creciente en las capturas, y también que el volumen de captura del estado de Yucatán es cerca de 65 % más alto en comparación al estado de Campeche. Especialmente se resalta que el estado de Yucatán registró volúmenes de captura por arriba de las 25 mil toneladas entre 2015 y 2019, mientras que en 2020 se observa un decremento como consecuencia





de la pandemia por Covid-19 y el cierre de los mercados internacionales, principales compradores de este producto del mar. Es importante resaltar que la producción de pulpo en el área propuesta es marginal, sin embargo, el área contiene importantes sitios de reproducción y refugio para la especie.



*Figura 34. Producción de pulpo en el estado de Yucatán 2012-2021.  
Fuente: elaboración propia con datos de CONAPESCA 2021*

Es importante resaltar que la producción de pulpo en la propuesta de PN Bajos del Norte es marginal, sin embargo, el área contiene importantes sitios de reproducción y refugio para la especie

#### **D) SITUACIÓN JURÍDICA DE LA TENENCIA DE LA TIERRA**

El sitio de la propuesta de PN Bajos del Norte, se encuentra dentro del límite de las 200 millas náuticas de la Zona Económica Exclusiva, por lo que la nación ejerce soberanía y jurisdicción sobre esta de conformidad con los artículos 27, noveno párrafo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917 y sus reformas, y 3o., inciso d), 4o., 15 y 46 de la Ley Federal del Mar publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de enero de 1986.

El área propuesta de PN Bajos del Norte no presenta zonas insulares, por lo que no se encuentra habitada.

Asimismo, la propuesta de PN Bajos del Norte se ajusta a lo establecido por la Ley General de Bienes Nacionales en su artículo 6, fracciones I, III y IV, que señala lo siguiente:

*Artículo 6.- Están sujetos al régimen de dominio público de la Federación:*

*I.- Los bienes señalados en los Artículos 27, párrafos cuarto, quinto y octavo; 42, fracción IV, y 132 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; (...)*

*II.- ...*

*III.- Las plataformas insulares en los términos de la Ley Federal del Mar y, en su caso, de los tratados y acuerdos internacionales de los que México sea parte;*





IV.- El lecho y el subsuelo del mar territorial y de las aguas marinas interiores; ...”

**E) PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN QUE SE HAYAN REALIZADO O QUE SE PRETENDAN REALIZAR**

Si bien una de las principales razones del buen estado de conservación que guardan los arrecifes del sitio de la propuesta del PN Bajos del Norte es la lejanía con la línea de costa que vuelve el acceso a la zona muy restringido, esto ha provocado también que los trabajos de investigación que se realicen en la zona sean limitados, por lo que la información disponible sobre el área es limitada; siendo una gran parte de esta relacionada con el PNAA.

Para este proyecto se identificaron algunos ejemplos que, considerando su delimitación geográfica, aportan información relevante para la descripción de la zona de estudio, especialmente en lo relacionado a las especies de peces comerciales.

NO.	DOCUMENTO	TÍTULO	AUTOR (ES)	AÑO	OBJETIVOS
<b>PUBLICACIONES</b>					
1	Informe de expedición científica	Informe ejecutivo De la expedición Científica de Oceana en México: Proyecto Alacranes	Oceana, A.C.	2022	Conocer su riqueza y evaluar el estado de salud de los arrecifes del PNAA y Bajos del Norte. Se estudió la presencia de especies no visibles en las inmersiones diarias y nocturnas a través del ADN que queda suspendido en las columnas de agua (ADN ambiental), se evaluó la salud de los peces comerciales presentes y el estado actual de los arrecifes, utilizando técnicas de foto mosaicos en tercera dimensión, que permite hacer mapas 3D del fondo marino.
2	Artículo	Depth- Dependent Genetic Structuring of a Depth-Generalist Coral and Its Symbiodiniaceae Algal Communities at Campeche Bank, Mexico.	Sturm AB, Eckert RJ, Carreiro AM, Simões N y Voss JD. (CIOERT/N OAA)	2022	Estudiar y comprender los ecosistemas de arrecifes de coral mesofóticos utilizando vehículos operados de forma remota (ROVs, por sus siglas en inglés) y buceo técnico. Se tenía como objetivo explorar y caracterizar posibles hábitats de fondo duro a profundidades mesofóticas, que son partes relativamente más profundas de los arrecifes de coral que reciben menos luz solar directa. La expedición se centró en dos áreas de arrecifes de coral el Arrecife Alacranes y los Bajos del Norte.
3	Artículo	Cambios de diversidad de fauna asociada a esponjas arrecifales del Golfo de México y Mar Caribe.	Pérez Botello, A.M. y Simões, N.	2019	Cuantificar y evaluar la diversidad alfa (riqueza de especies) y diversidad beta (recambio de especies entre dos sitios) de los Bajos del Norte y de los sistemas arrecifales del banco de Campeche.
4	Reporte de expedición científica	Mares mexicanos	Mascareña s-Osorio et al.	2019	Realizar estudios y monitoreos cuantitativos integrales para evaluar la





NO.	DOCUMENTO	TÍTULO	AUTOR (ES)	AÑO	OBJETIVOS
					salud del entorno marino de la región de Bajos del Norte y producir un documental para resaltar la importancia de esta zona
5	Artículo	Caracterización preliminar de la distribución espacial de varias especies de mero ( <i>Epinephelinae</i> : <i>Epinephelini</i> ) en un sitio de desove en el Banco de Campeche, Yucatán, México	Tuz-Sulub, A.; Cervera-Cervera, K.; Espinoza-Mendez, J.C.; Brulé, T	2004	Estudiar el comportamiento reproductivo de las diferentes especies de mero en la zona de los Bajos del Norte en el Banco de Campeche.
6	Artículo	Sexualidad y Ciclo Sexual de la Cuna Gata <i>Mycteroperca tigris</i> de los Arrecifes Coralinos del Banco de Campeche (Sureste del Golfo de México)	Caballero-Arango, D.; Brulé, T.; Colás-Marrufo, T.; Tuz-Sulub, A.; Puerto-Novelo, E.	2011	Analizar la sexualidad de la especie <i>Mycteroperca tigris</i> y caracterizar su ciclo sexual en los arrecifes coralinos ubicados en la región noreste del Banco de Campeche.
7	Artículo	Análisis de la pesquería de huachinango del Golfo ( <i>Lutjanus campechanus</i> ) en el Banco de Campeche (temporada de pesca 2001)	Monroy, C.; Rios, V.; Arceo, P.	2004	Analizar la pesquería de huachinango en tres tipos de métodos de pesca en la zona del Banco de Campeche.
8	Tesis	Conectividad de los arrecifes coralinos en el Golfo de México y Caribe Mexicano	Chavez Hidalgo, A.	2009	Evaluar la conectividad entre los arrecifes del Golfo de México con base en los patrones de similitud.
9	Articulo	Características térmicas del Banco de Campeche	Piñeiro, R. Giménez, E. Moreno, V., Burgo, R. y Betanzos, A.	2011	Determinar las características térmicas del Banco de Campeche y sus variaciones espaciotemporales, ya que la dinámica de la masa de agua y afloramientos puede ser relacionada con los movimientos de los cardúmenes de peces que constituyen pesquerías de suma importancia en la región
10	Artículo	New Botrylloides, Botryllus, and Symplegma (Ascidiacea: Styelidae) in Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico and Mexican Caribbean Sea	Palomino-Alvarez, L. Nydam, M. Rocha, R. Simoes N.	2022	Análisis de delimitación de especies mediante secuenciación de códigos de barras para doce especies de botrílidos y tres especies de Simplegma. Incluyendo el primer registro de Botryllus humilis en el Golfo de México.



## **F) PROBLEMÁTICA ESPECÍFICA QUE DEBA TOMARSE EN CUENTA**

Derivado de su situación biogeográfica, especialmente de la lejanía con la zona de costa y la dificultad para acceder al sitio donde se localiza la propuesta de PN Bajos del Norte, actualmente no se tiene registrado problemática específica de importancia relacionada con causas antropogénicas directas (contaminación, daño físico por contacto con el arrecife, turismo no regulado), por lo que dotar de un instrumento de política pública que asegure la preservación del estado natural del sitio es prioritario.

A pesar de esto, y si bien podría no considerarse una problemática de causa antropogénica directa, en expediciones al sitio (Oceana, 2021) se ha registrado la presencia del pez león (*Pterois volitans*) especie exótica invasora originaria del océano Índico y zona occidental del océano Pacífico, altamente agresiva para el equilibrio de los arrecifes donde es introducido, siendo un depredador muy competitivo con especies nativas (Figura 35). Con un área ocupada de casi 7,3 millones de km<sup>2</sup> la invasión del pez león es ahora reconocida como la más rápida por un pez marino en la historia (Chasqui, et. al. 2020).



Figura 35. Pez león en el sitio de la propuesta de PN Bajos del Norte (Oceana, 2022)

Actualmente, existen registros de pez león en todos los estados mexicanos costeros del Golfo de México, sin embargo, de acuerdo con investigaciones realizadas en estos sistemas arrecifales, el PNAA es el único sitio donde se cataloga la presencia del pez león como una amenaza por las altas densidades de la especie registradas (en las zonas de 30 a 45 m del arrecife Alacranes se ha reportado una densidad de 300 a 400 ind/ha (Aguilar-Perera et al., 2017), debido a la conexión intrínseca que existe





entre el PNAA y la propuesta de PN Bajos del Norte se considera que la amenaza por presencia de la especie se extiende en ambos sitios.

Desde su primer registro en el Banco de Campeche durante 2009 se ha continuado reportando su presencia en diferentes sitios de la región. En 2021, se identificó la presencia de pez león adulto con tallas mayores a 30 cm, lo que resulta preocupante, ya que, por la distancia de la costa a los Bajos del Norte es probable que hayan llegado por arrastre de las corrientes en estadios juveniles. La ausencia de depredadores en el sitio, aunado a las altas densidades de alevines y juveniles de otros peces, hacen de Bajos del Norte un lugar ideal para la proliferación de esta especie.

La segunda problemática detectada en la propuesta de PN Bajos del Norte son las enfermedades registradas en los corales que integran los arrecifes, en la expedición realizada por Oceana en el 2021 (Oceana, 2022) se registró la presencia de mortandad reciente de corales de los géneros *Esmilia*, *Diploria* y *Pseudodiploria*, así como el sobrecrecimiento de algas cafés y organismos bioerosionadores, ambas características de arrecifes impactados. (Figura 36 y Figura 37)

Los estudios de salud arrecifal realizados en el arrecife de Bajos del Norte indican que se encuentran con signos de deterioro coberturas de coral que van del 12 % al 35.7 % (Kalanbio 2022b). La cobertura de corales escleractinios, consideradas como clave para el crecimiento y mantenimiento de la estructura arrecifal (Alvarez-Filip et al. 2011), es buena en estos arrecifes sin embargo algunos lugares presentan baja cobertura de corales y sobrecrecimiento de algas.

	Corales	Algas	Bio-erosionadores	Formadores de hábitat
BDN_01	4	2	5	1
BDN_02	5	3	5	1
BDN_04	3	1	5	4
BDN_05	4	1	5	2
BDN_06	1	1	5	1
BDN_07	4	2	1	5

Figura 36. Índice de salud de los arrecifes de Bajos del Norte según cuatro indicadores, donde 5 se refiere al estado óptimo y 1 al más crítico. (Modificado de Kalanbio, 2022)





*Figura 37. Puntos de muestreo de arrecifes en Bajos del Norte (Tomado de Kalanbio, 2022)*

En las colonias de corales se han encontrado algunas enfermedades que afectan a los arrecifes de Bajos del Norte. En un análisis efectuado en el 2021 la prevalencia de enfermedades en las colonias osciló entre 6.1 % y 24.9 % de estas. Algunas de las enfermedades registradas son manchas oscuras (afectando a menos del 5 % de las colonias) y Banda Negra en más del 5 % de las colonias. Adicionalmente la prevalencia de blanqueamiento en las colonias promedió 9-12 % en los diferentes sitios de los arrecifes de Bajos del norte (Oceana, 2022)



*Figura 38. Corales (Montastrea cavernosa) enfermos en Bajos del Norte (Oceana, 2022)*



Otro desafío presente en los Bajos del Norte es el blanqueamiento y palidez de las colonias coralinas. Este fenómeno se ha registrado con una prevalencia de hasta el 16 % en algunos sitios de este sistema arrecifal, sin embargo, el blanqueamiento y palidez ronda entre el 9 % de las colonias presentes en el arrecife. En este sentido, de cada colonia afectada, entre el 9 % y el 12.8 % del tejido vivo se encuentran en esta condición (Oceana, 2022). A pesar de que el blanqueamiento y palidez coralina no es una enfermedad, esta condición deja a los corales expuestos a otras amenazas (Brown, 1997). Para los Bajos del Norte, en cuanto a enfermedades, se tiene el registro de tres tipos: banda negra, puntos negros y puntos amarillos. De igual manera se tiene registro de invertebrados nocivos afectando a los corales de la región, cómo, la esponja horadadora *Cliona sp.* y el poliqueto *Spirobranchus sp.* (Oceana, 2022) (Figura 39)

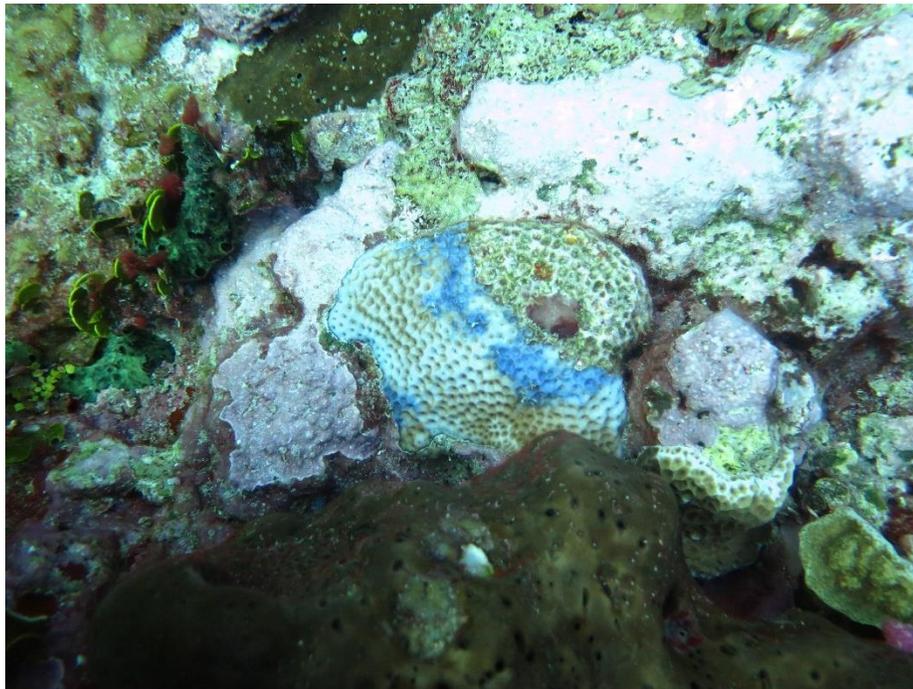


Figura 39. Blanqueamiento de corales en Bajos del Norte (Oceana, 2022)

### **F.1) VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Para comprender la vulnerabilidad al cambio climático en una región marina, es indispensable identificar las problemáticas climáticas que se han suscitado en el territorio, sus tendencias y los eventos extremos que se han presentado, para ello es necesario revisar el comportamiento presente y futuro de las variables oceánicas que rigen las condiciones del área de interés. A su vez, es necesario considerar los escenarios de cambio climático relacionados a los patrones de aumento del nivel del mar, temperatura de la capa superficial del mar (TSM) y salinidad, bajo el contexto de un escenario de altas emisiones de gases de efecto invernadero (ssp5-8.5) y horizontes temporales (cercano 2015-2045, medio 2046-2076 y lejano 2077-2099).

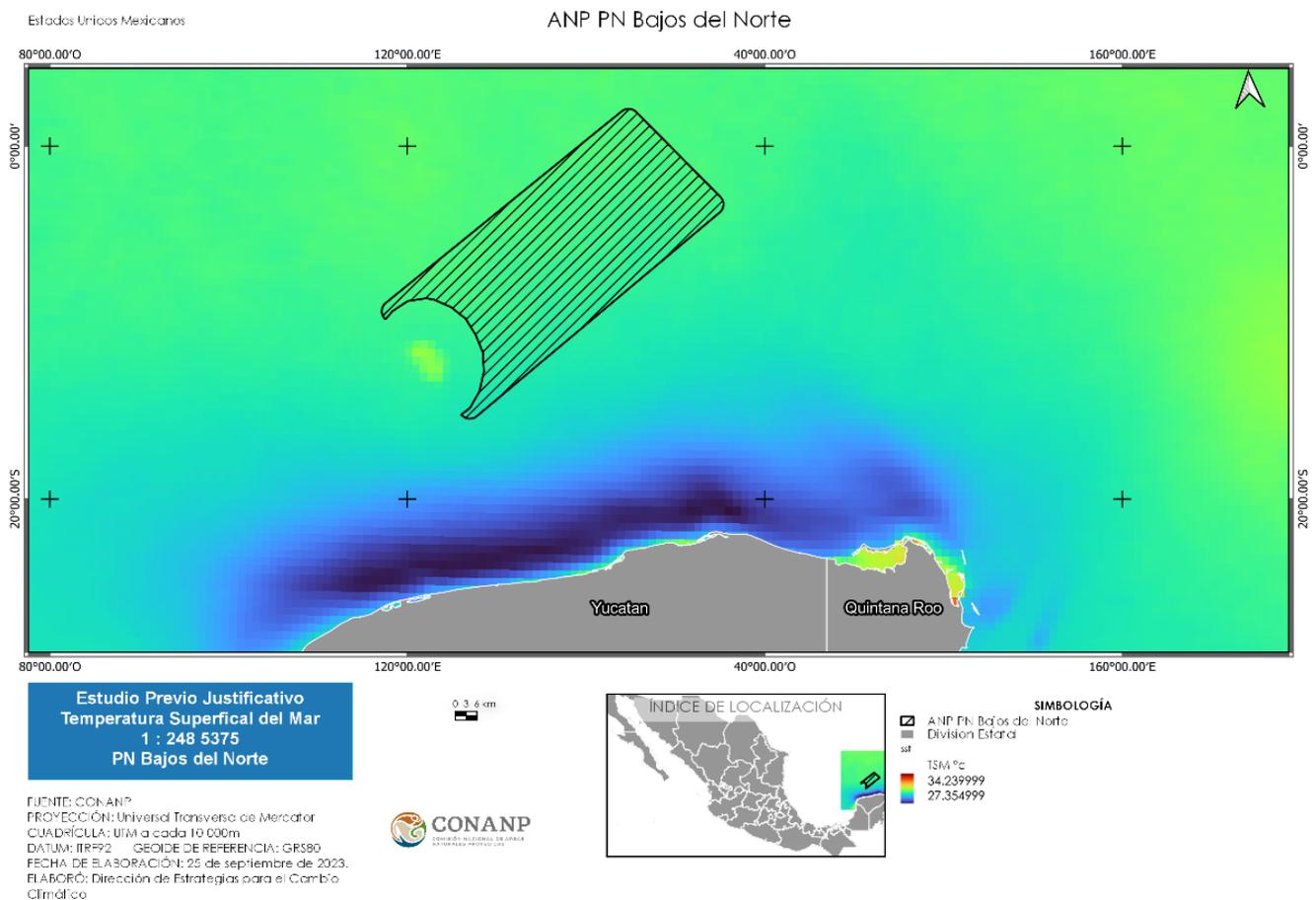




### Tendencias y escenarios de la temperatura superficial del mar (TSM)

En la zona propuesta para el establecimiento de la propuesta de PN Bajos del Norte, la TSM promedio anual oscila entre los 29 °C y 30 °C, según los satelitales de la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio (NASA por sus siglas en inglés) (2018). Los reportes de expediciones y mediciones in situ registrados durante inmersiones realizadas en 2019 y 2022 por Oceana, reportaron temperaturas entre 20 °C y 25 °C entre los 5 y 30 m. Del análisis temporal se destaca lo siguiente:

- Durante los meses de mayo a octubre (temporada de lluvias) se observó la presencia de agua fría cerca de los 30 m de profundidad.
- La temperatura mínima promedio (22 °C) se presentó en primavera (febrero-abril).
- La temperatura máxima promedio (30 °C) se presentó en verano (agosto-octubre).

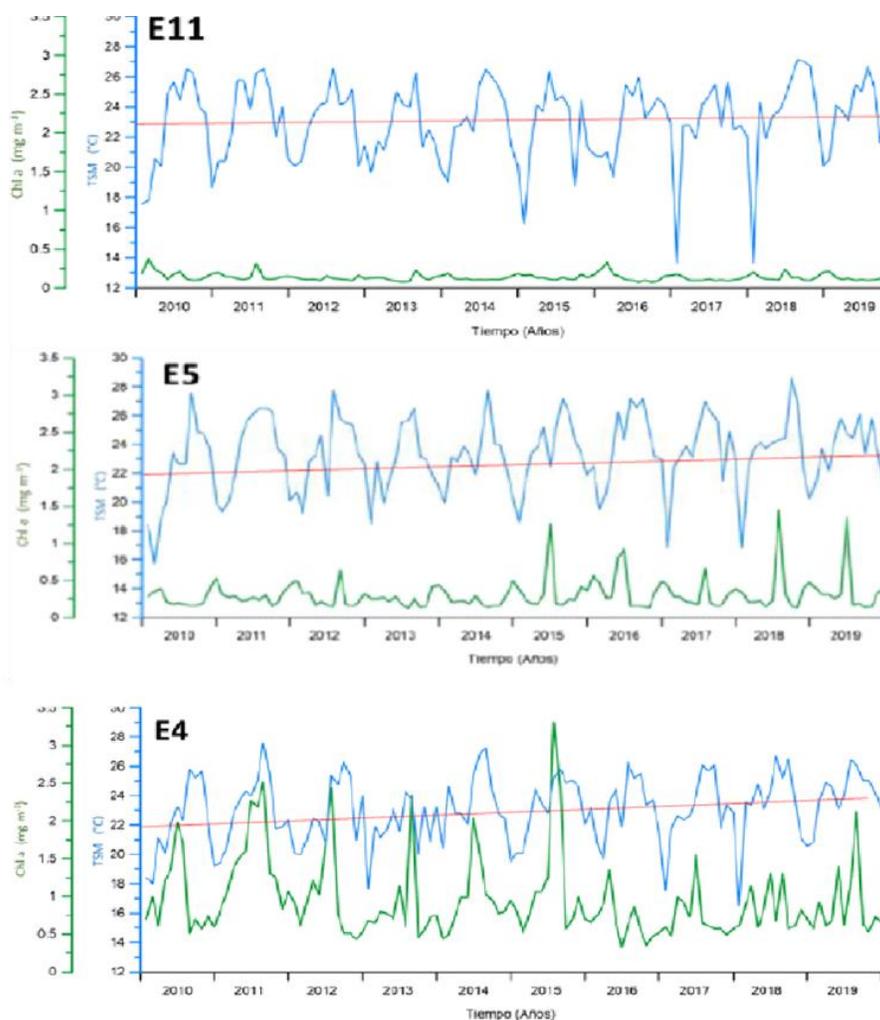


*Figura 40. Promedio anual de temperatura superficial del mar del periodo 2000-2020, generado del producto AQUA-MODIS de NASA (NASA, 2018), colores azules indican agua fría y colores rojos, agua más caliente. En el mapa se observa el polígono propuesto para el Área Natural Protegida de Bajos del Norte.*



La Figura 40 muestra la serie temporal de clorofila y temperatura superficial del mar de 10 años (2009-2019), en donde se puede observar una tendencia de aumento de temperatura. Este aumento en la tendencia es muy evidente en la costa y se reduce conforme se aproxima a la plataforma continental. Para las estaciones costeras (E4 y E5), en la década analizada se registró el aumento de medio grado, la estación profunda E11, correspondiente a la zona de Bajos del Norte, no mostró una tendencia al aumento.

La Figura 41 muestra la serie temporal de clorofila y temperatura superficial del mar de 10 años (2009-2019), en donde se puede observar una tendencia de aumento de temperatura. Este aumento en la tendencia es muy evidente en la costa y se reduce conforme se aproxima a la plataforma continental. Para las estaciones costeras (E4 y E5), en la década analizada se registró el aumento de medio grado, la estación profunda E11, correspondiente a la zona de Bajos del Norte, no mostró una tendencia al aumento.



*Figura 41. Tendencia y series temporales de TSM y Chl a-a del periodo 2009-2019, de estaciones costeras (inferior), centrales (centro) y aguas profundas (superior) de Bajos del Norte (Oceana, 2021).*



Para conocer el comportamiento de la TSM a futuro se utilizaron los datos de escenarios de cambio climático generados por el proyecto de intercomparación de modelos acoplados (CMIP6, por sus siglas en inglés) (O'Neill et al., 2016) y descargados de la página de Copernicus Climate Data Store (Copernicus CDS, por sus siglas en inglés) (C3S CDS, 2021). La Figura 42 muestra el comportamiento mensual de la TSM de 6 modelos globales (ACCESS\_CM2, CESM2, CMCC\_ESM2, CNRM\_CM6\_1, INM\_CM5\_0, MIROC6) del punto más cercano al polígono propuesto para el ANP en el periodo a futuro de 2015 al 2099, de esta gráfica se refleja que los 6 modelos tienen una tendencia al aumento de la TSM en la región. Partiendo de que en la región las mediciones realizadas por Oceana en 2021 mencionan que la temperatura oscila entre los 21 °C y 25 °C se puede deducir que a finales de siglo (2099) los modelos en promedio observan un aumento de 5 grados alcanzando temperaturas promedio de hasta 30.5 °C.

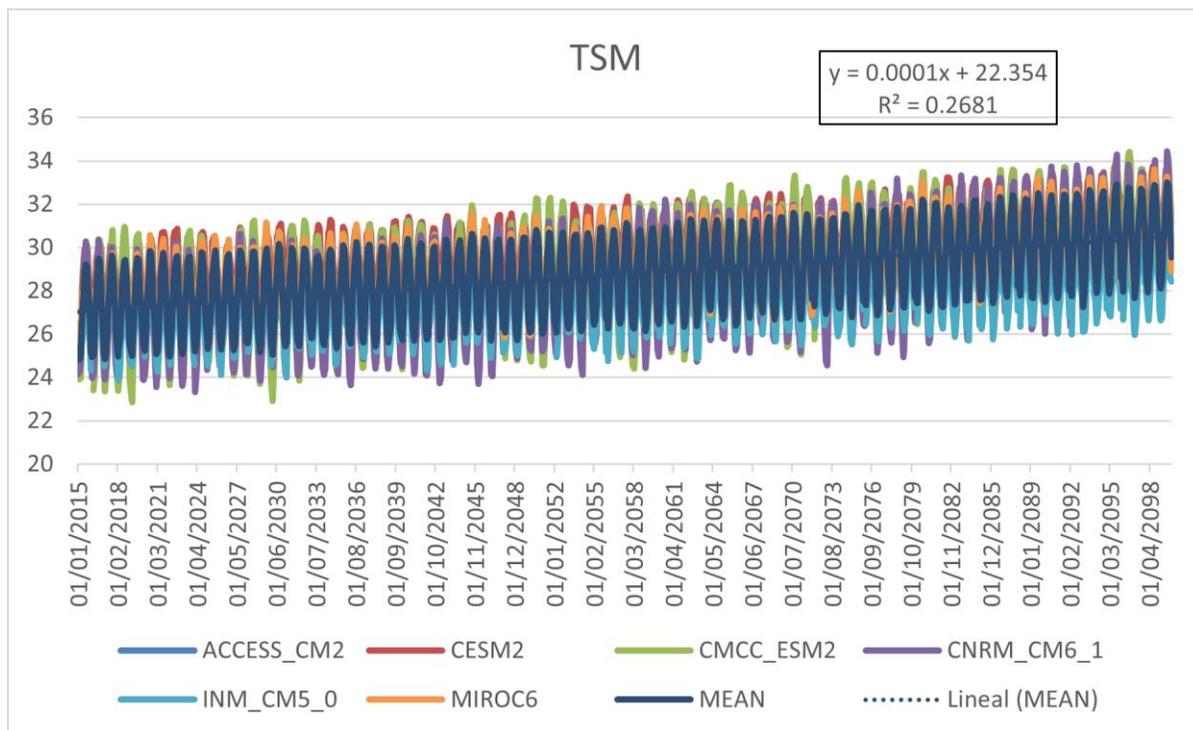


Figura 42. Serie temporal (2015-2099) de la proyección de la temperatura superficial del mar para la región de Bajos del Norte, la serie fue construida con los datos de escenarios de cambio climático ssp5 8.6 del CMIP6 descargados del Climate Data store de Copernicus, la línea punteada negra corresponde a la tendencia del promedio de las salidas de los modelos.

### Tendencias y escenarios de ciclones tropicales

Diversos estudios muestran que los huracanes han aumentado su intensidad y que esta seguirá incrementando entre 1 % y 10% en relación con el aumento de la temperatura global (Appendini et al., 2019; NOAA, 2022), debido a los efectos del cambio climático (incremento de temperaturas y nivel medio del mar). Sin embargo, diversos autores mencionan que, aunque con el cambio climático se espera que los huracanes sean más intensos, otros estudios han encontrado que la frecuencia de



estos sistemas podría disminuir, lo que se traducirá en menos sistemas de categoría mayor (Domínguez et al., 2021). Para la región del Atlántico se calcula que en promedio tiene 6.2 tormentas al año, por lo que muchos arrecifes son impactados frecuentemente (Taylor y Alfaro, 2005).

De acuerdo con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (NOAA, por sus siglas en inglés) la región comprendida entre Arrecife de Alacranes, Bajos del Norte y sus alrededores se ha visto afectada por 65 tormentas tropicales, destacando las tormentas más intensas: Emily en 2005 huracán categoría 5, Inez en 1966 huracán categoría 5, Gilbert en 1988 huracán categoría 5 y Allen huracán categoría 5.

### Tendencias y escenarios sobre el aumento del nivel medio del mar

Con la intención de analizar los posibles efectos del cambio climático en el nivel medio del mar en Bajos del Norte, se utilizó la herramienta de proyección del nivel del mar de la NASA (NASA, 2023) para obtener datos sobre escenarios de aumento del nivel del mar en un punto con información disponible dentro del polígono; el cuál se encuentra en las coordenadas 23° Norte, 89° Oeste. En la Figura 43 se observa que bajo un forzamiento radiativo de 4.5 W/m<sup>2</sup>, un nivel de aumento de 0.5 m respecto al período 1995-2014 se podría alcanzar entre 2054 y 2093; mientras que bajo un forzamiento radiativo de 8.5 W/m<sup>2</sup> este aumento de nivel del mar se alcanzaría entre 2052 y 2079. Por otro lado, un aumento de un metro se podría alcanzar entre 2092 y hasta después de 2150 bajo un forzamiento de 4.5 W/m<sup>2</sup>; mientras que bajo un forzamiento radiativo de 8.5 W/m<sup>2</sup> este aumento del nivel del mar se alcanzaría entre 2082 y 2136.

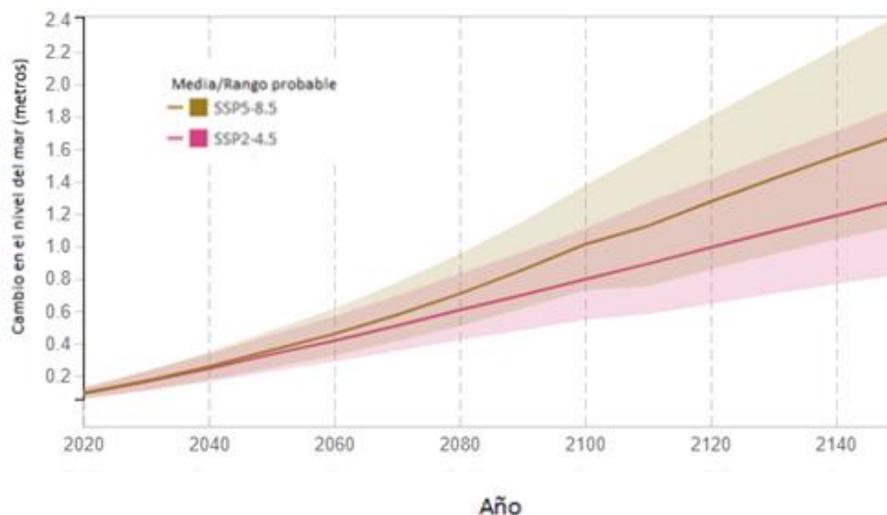


Figura 43. Aumento del nivel del mar bajo los escenarios de cambio climático SSP2-4.5 y 8.5 para la coordenada 23°Norte, 89°Oeste. Adaptado de NASA (2023).



## **Tendencias y escenarios de la acidificación del mar**

La creciente concentración de dióxido de carbono en la atmósfera hace que el mar absorba una cantidad cada vez mayor de este gas, que al reaccionar con el agua forma ácido carbónico, ocasionando la disminución de su pH, en un proceso conocido como acidificación del océano. Durante los últimos 25 millones de años, el pH medio de los océanos se ha mantenido constante, entre 8.0 y 8.2, con variaciones temporales y espaciales. No obstante, en los últimos treinta años, se han observado disminuciones en el pH y si continúan las emisiones de dióxido de carbono al ritmo actual, las proyecciones indican que el pH oceánico medio podría llegar a 7.8 para el año 2100. Esto está totalmente fuera del intervalo de variación media del pH en la historia geológica reciente. Como las aguas oceánicas se mezclan más despacio que la atmósfera, la absorción de dióxido de carbono es mucho mayor en las capas superiores (hasta unos 400 m de profundidad), que es donde ocurre la mayor parte de la actividad biológica (ONU, 2017).

En general, las aguas cálidas del Golfo de México están mejor protegidas frente a la acidificación que los mares de latitudes más altas; sin embargo, en el transcurso de los últimos 10-40 años, se ha documentado una acidificación en estuarios, aguas superficiales costeras y abiertas, así como en aguas subsuperficiales. Entre los factores ambientales a menor escala que afectan a la acidificación de esta cuenca oceánica se encuentran la descarga de agua dulce, nutrientes y carbonatos de los grandes ríos; el calentamiento, la circulación y los tiempos de residencia del océano; y los episodios meteorológicos extremos. Si bien, la progresión histórica de la acidificación es difícil de evaluar porque sólo se han establecido recientemente unos pocos lugares de seguimiento a largo plazo y las observaciones de toda la columna de agua son limitadas, algunos modelos muestran una disminución neta significativa en el pH oceánico superficial del Golfo de México desde 1863 hasta 2003, y una acidificación continua del agua superficial para este siglo (Osborne et al., 2022).

## **Tendencias y escenarios de la salinidad superficial del mar (SSM)**

Tanto la salinidad como la temperatura son indicadores de las condiciones del agua. Ligar estas propiedades físicas del mar con aspectos biológicos y ecológicos es imprescindible, ya que existen organismos que son muy susceptibles a pequeños cambios en el ambiente. El trabajo de Enríquez et al., (2013) identifica que todas las masas de agua presentes en la zona costera de Yucatán mostraron variaciones pronunciadas con importantes efectos de dilución y salinización. Entre las masas de agua identificadas se encuentra (1) el Agua Subtropical Submarina del Caribe (CSUW), observada en el fondo muy cerca de Cabo Catoche, y (2) una masa de agua tibia hipersalina que se origina en Yucatán debido a las altas temperaturas y tasas de evaporación llamada Agua de Mar de Yucatán (YSW). En la zona de Bajos del Norte convergen estas masas de agua.

Para conocer el comportamiento de la SSM a futuro se utilizaron los datos de escenarios de cambio climático generados por el proyecto de inter-comparación de modelos acoplados (CMIP6, por sus siglas en inglés) (O'Neill et al., 2016) y descargados de la página de Copernicus Climate Data Store (Copernicus CDS, por sus siglas en inglés) (C3S CDS, 2021). La Figura 44 muestra el comportamiento mensual de la SSM de 6 modelos globales del punto más cercano al polígono propuesto para el PN Bajos del Norte, en el periodo a futuro de 2015 al 2099, de esta gráfica se puede decir que los 6 modelos tienen una tendencia al aumento de la SSM en la región. Partiendo de que en la región las mediciones



realizadas por Oceana en 2021 mencionan que la salinidad oscila entre 35.5 y 36.5 ppm, se deduce que a finales de siglo (2099) los modelos en promedio observan un aumento de 2 ppm alcanzando valores promedio de hasta 38.5 ppm.

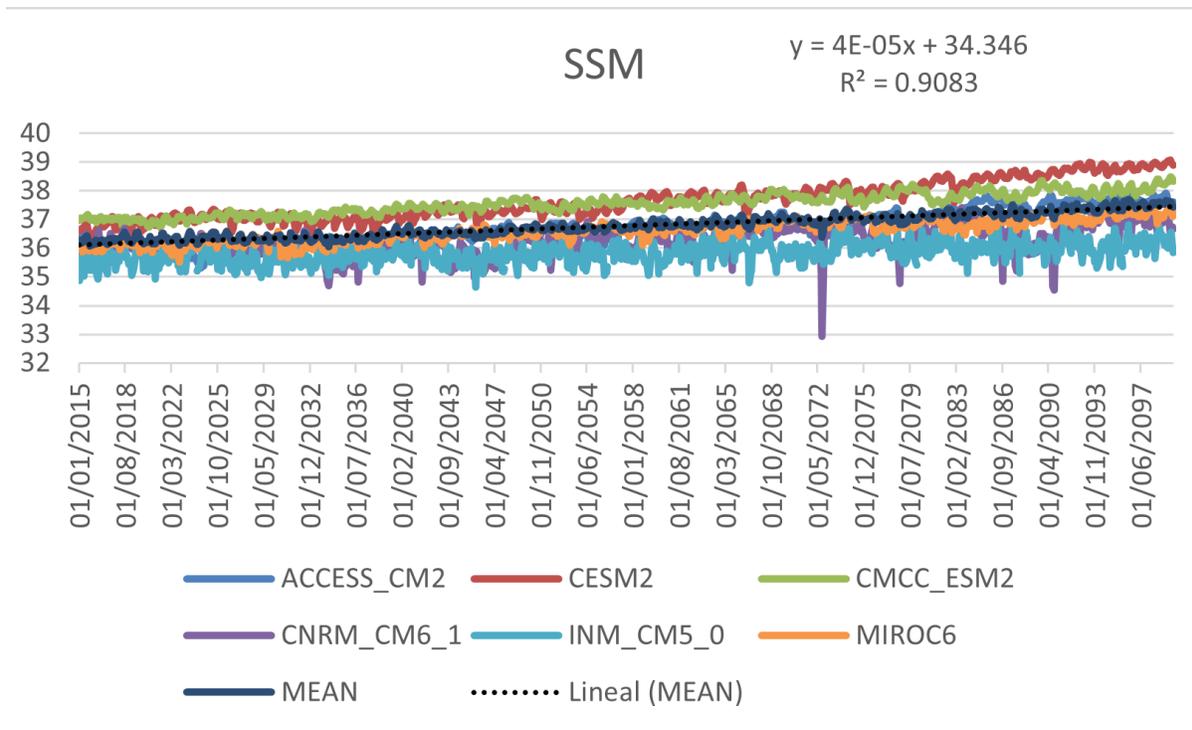


Figura 44. Serie temporal (2015-2099) de la proyección de la salinidad superficial del mar para la región de Bajos del Norte, la serie fue construida con los datos de escenarios de cambio climático ssp5 8.6 del CMIP6 descargados del Climate Data Store de Copernicus, la línea punteada negra corresponde a la tendencia del promedio de las salidas de los modelos.

### Efectos históricos y potenciales sobre los ecosistemas y la biodiversidad

El cambio climático global se refiere a los cambios en el ambiente por el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero a la atmósfera. Las emisiones producidas por el ser humano derivan en dramáticos e irreversibles cambios en las funciones, como en la producción primaria del océano, la alteración de la dinámica de la red alimentaria, la reducción de la abundancia de especies que forman hábitats, el cambio en la distribución de especies y una mayor incidencia de enfermedades. Esto tiene profundas implicaciones para la biosfera marina, sumideros de carbono y biogeoquímica de la Tierra, donde el rápido aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> está teniendo impactos severos en los patrones ambientales globales (temperatura, huracanes, pH, nivel medio del mar, etc.) (Hoegh-Guldberg y Bruno, 2010).

En los últimos años se ha evidenciado que los efectos del cambio climático ejercen una fuerte influencia sobre la comunidad de organismos acuáticos; sin embargo, poco se sabe de lo que generan estas condiciones a largo plazo (Harley et al., 2006), y la gran mayoría de este tipo de información está basada en suposiciones y modelos probabilísticos, de los cuales contemplan distintos desenlaces



(Alva-Basurto y Arias-González, 2014). Actualmente son los únicos métodos que podemos utilizar ante la incertidumbre de esta gran problemática.

El Golfo de México cuenta con una variedad importante de biota que habita y migra dentro de sus aguas. Esta biodiversidad, además de encontrarse amenazada por la contaminación, la sobrepesca y el exceso de aportes de nutrientes en las costas, es vulnerable ante el calentamiento global, procesos de acidificación, la reducción de oxígeno disuelto y la subida del nivel del mar, que en conjunto ponen en riesgo los ecosistemas y la sustentabilidad de los servicios que brindan (Árcega-Cabrera et al., 2021). Aunque por su ubicación remota, al sureste del golfo, los arrecifes del Banco de Campeche evitan la mayoría de los impactos humanos directos, dicho sistema sufre cada vez más presiones, principalmente por la sobrepesca (Favoretto et al., 2020). Al mismo tiempo, está sometido a estresores globales como huracanes más intensos, aguas enriquecidas con nutrientes que fluyen desde la cuenca del Caribe y estrés térmico (Randazzo-Eisemann y Garza-Pérez, 2023).

Los impactos del cambio climático afectan de manera sinérgica a diferentes especies. Por su relevancia en la zona de los Bajos del Norte, a continuación, se mencionan los principales componentes climáticos y los efectos potenciales de sus alteraciones en la fisiología y desarrollo de arrecifes de coral y peces.

- Arrecifes de coral

Una de las principales consecuencias del cambio climático sobre los arrecifes es la acidificación de los océanos, lo que deriva en la disminución del pH de sus aguas (ONU, 2017). Esta acidez impide que los corales produzcan carbonato de calcio para sus estructuras, y deteriora las ya existentes. Otra consecuencia es el incremento de la temperatura de los océanos, lo que ha provocado eventos masivos de blanqueamiento de coral. Esto ocurre cuando los corales pierden sus colores dados por algas microscópicas llamadas zooxantelas, las cuales son las responsables de proporcionarles energía a los corales a través de la fotosíntesis para que estos construyan su esqueleto de carbonato de calcio.

Cuando la temperatura del océano incrementa, los corales se estresan y expulsan las algas, provocando el blanqueamiento. Si la temperatura permanece alta, las zooxantelas no regresarán, teniendo como consecuencia la muerte del coral (Berkelmans y Oliver, 1990). Aunado a esto, el incremento en la frecuencia e intensidad de eventos climatológicos extremos como el fenómeno de “El Niño” (Glynn, 1988) ha afectado el tamaño de la superficie de las comunidades coralinas, debido a que se ven impactadas por la fuerza de las corrientes marinas. Por su parte, el incremento del nivel del mar provoca que la disponibilidad de la luz disminuya en las comunidades de coral, las cuales son altamente dependientes de este factor abiótico para la realización de la fotosíntesis de las zooxantelas.

En años recientes (2014-2017), se produjo un evento de estrés térmico sin precedentes que provocó el blanqueamiento en varios arrecifes de coral de todo el mundo. Los arrecifes del Banco de Campeche también estuvieron expuestos a dicho estresor y anteriormente han experimentado eventos de alto estrés térmico, como los de 1998 o 2004. No obstante, el blanqueamiento observado en los arrecifes de la región fue bajo, lo que sugiere cierta resistencia de los corales. Esto puede deberse a que la exposición previa promovió su adaptación ante el incremento de la temperatura, así como a su ubicación en un área remota, donde no hay contaminación grave por actividades humanas, por lo



que este sistema arrecifal puede ser un refugio potencial frente al cambio climático, pero es necesario realizar más investigaciones al respecto (Muñiz-Castillo y Arias-González, 2021).

A tenor de lo expuesto, es fundamental que las principales zonas arrecifales del país, incluyendo Bajos del Norte, estén consideradas bajo diferentes esquemas de conservación que tomen en cuenta la diversidad genética y funcional. Para esto se debe considerar la heterogeneidad física y biológica que puedan mantener estos tipos de diversidad, en donde sea posible establecer medidas para reducir el efecto de ciertos factores de perturbación local, con la intención de conservar la resiliencia de los ecosistemas marinos. Desde un punto de vista evolutivo, mantener la diversidad genética es una medida de prevención para conservar la resiliencia natural de un ecosistema, ya que es incierto qué genes, características o especies podrían conferir una futura ventaja adaptativa ante los cambios globales (Hansen, 2003; Padilla-Souza et al., 2009).

Para esto, es urgente identificar los sitios con mayor diversidad genética, funcional y taxonómica. El objetivo principal sería establecer mecanismos de control de aquellas perturbaciones que no se deben al cambio climático global, a fin de contribuir a mantener y mejorar la resiliencia de los arrecifes coralinos, y lograr así la permanencia de sus funciones y de todos los servicios ambientales que proporcionan.

- Peces

Se ha investigado en incontables ocasiones el efecto que tiene el cambio de las variables hidrológicas, principalmente la temperatura (Shurin et al., 2012), sobre la comunidad de peces, siendo esta una de las variables que reestructuran comunidades y generan la diversidad de la biota que observamos a nivel tanto de microhábitat como paisaje (Speight y Henderson, 2013), y en los efectos negativos y/o positivos que la conllevan (Harley et al., 2006; Munday et al., 2008).

Uno de los posibles escenarios ante el cambio climático es la migración de las especies de peces estenotermos (no toleran las variaciones térmicas), es decir, donde especies que se encontraban en climas cálidos migraron hacia zonas donde la temperatura era templada (altas latitudes). Se han reportado cambios en la distribución de especies hacia zonas donde estas no existían (Ilarri et al., 2022), mientras que el otro tipo de migración es el movimiento vertical, donde los peces migran a zonas más profundas donde la temperatura sea adecuada para ellos (FAO, 2018). Esto conlleva a problemas en términos económicos si se trata de especies de importancia comercial, lo que implica un mayor esfuerzo para capturar el recurso (Mabe y Asase, 2020).

Otro de los posibles efectos que podríamos esperar con el cambio climático, es una considerable disminución en la eclosión de huevos de diversos organismos (entre ellos los peces), donde el aumento de la temperatura es el factor principal en este problema, asociado con la acidificación de las aguas (reducción del pH), lo que vuelve las cubiertas de carbonato de calcio (huevos) más débiles y propensas a ser inviables para su óptimo desarrollo (Feng et al., 2010; Baker-Siddique et al., 2022).

Por otra parte, las redes tróficas se verían interrumpidas con el aumento de la temperatura global o la disminución del pH. Esto invariablemente afectará a las especies más propensas que forman parte importante de las redes alimenticias, generando un efecto de cascada trófica hacia las especies de



mayor nivel trófico conocido como bottom-up (Shurin et al., 2012); por ejemplo, los recurrentes eventos de mareas rojas, ocasionadas por el aumento de la temperatura aunado con la gran cantidad de nutrientes de la zona costera, tienen desenlaces desafortunados sobre la comunidad de peces no migratorios asociados a rocas, pastos marinos y arrecifes (Gray-DiLeone y Ainsworth, 2019; Perryman et al., 2020). Estos peces utilizan estos ecosistemas como refugio (Garner et al., 2019), teniendo como resultado una gran mortalidad de tales organismos.

Finalmente, existen numerosos estudios que discuten cómo el cambio climático está asociado a la invasión de especies marinas exóticas, lo cual se debe a su alta tolerancia ante los cambios extremos como el aumento de la temperatura, condiciones de hipoxia, aumento de salinidad, desecación, entre otros; condiciones que las especies nativas no están adaptadas a tolerar; siendo las no nativas más exitosas (Bellard et al., 2013). Tal es el caso del pez león que, en escenarios de calentamiento suave, podría extender su distribución a latitudes más altas, mientras que, en el escenario más cálido, las latitudes tropicales podrían volverse menos adecuadas, esto tendría implicaciones para otras especies marinas, incluidas algunas de valor comercial (Loya-Cancino et al., 2023). Por consiguiente, en la propuesta de PN Bajos del Norte se requiere implementar acciones para conocer el impacto de esta especie invasora sobre la biodiversidad, así como para su monitoreo y control.

Estos son algunos de los principales efectos que se podrían esperar ante el fenómeno global del cambio climático asociado a recursos marinos. Todos los estudios coinciden que, en el corto, mediano y largo plazo, habrá importantes repercusiones socioeconómicas y biológicas, por lo que el cuidado de zonas de alta importancia resulta de vital importancia. Si bien, se ha registrado que en general, los arrecifes de la zona se encuentran en buena condición, dada su conectividad con otros sistemas arrecifales en el sur del Golfo de México y el Caribe, garantizar la salud de los corales frente al cambio climático es importante a escala regional (Aguilar-Perera et al., 2018). Además, en el contexto actual de acumulación de factores de estrés globales y locales que afectan al Arrecife Alacranes, la gestión estratégica local debería ampliar la zona protegida, mejorar la aplicación de la ley y desarrollar un plan para evaluar amenazas potenciales como el blanqueamiento y las enfermedades de los corales (Randazzo-Eisemann y Garza-Pérez, 2023). De ahí la relevancia de proteger Bajos del Norte.

### **Efectos históricos y potenciales sobre la economía regional y las estrategias de vida**

Los modelos océano-atmósfera más recientes indican que las principales alteraciones oceanográficas que se esperan en México son cambios en la temperatura del mar, aumento en la intensidad de los huracanes, elevación del nivel del mar, acidificación y disminución de concentración de oxígeno en el ambiente marino. Estas modificaciones en las condiciones ambientales afectarán los sitios donde se desarrolla la actividad pesquera y acuícola, provocando cambios en los recursos pesqueros. En el caso de la pesca asociada a sistemas arrecifales, entre los riesgos proyectados por los impactos del cambio climático se encuentran cambios en la abundancia y disponibilidad de poblaciones objeto de explotación; disminución en tasas de crecimiento y reproducción; cambios en especies objetivo, repercutiendo en la rentabilidad y valor de mercado de capturas; aumento del esfuerzo pesquero; reducción de días en altamar o cosecha; mayor propensión a contraer enfermedades, parásitos y peligro de mortalidades masivas en especies de importancia comercial; así como disminución y/o pérdida permanente de capturas de especies dependientes del arrecife (Reyes-Bonilla et al., 2021).





En este sentido, las pesquerías de importancia comercial en Bajos del Norte también requieren atención respecto a las amenazas derivadas del cambio climático. En el caso de la langosta espinosa, el aumento del nivel del mar podría tener un impacto positivo al proporcionar nuevos hábitats poco profundos, a corto plazo. Por otro lado, la exposición prolongada a temperaturas por encima de los 31 °C afectará a funciones críticas como la reproducción y la respiración. Los incrementos de la salinidad y la temperatura de la superficie marina podrían superar los umbrales de las langostas y provocar una mortalidad masiva, o forzar a las langostas a adentrarse en aguas más profundas. En general, es probable que las poblaciones adultas de langosta se trasladen de hábitats de arrecifes de aguas poco profundas a aguas más profundas y que las poblaciones de aguas menos profundas disminuyan. La acidificación del océano puede afectar al calcio de los caparazones de las langostas y tener un efecto negativo en el crecimiento durante la fase larvaria (Aguilar-Perera et al., 2018).

Con respecto a las especies de pulpo, se ha documentado que, en el Banco de Campeche, la tendencia al calentamiento y el aumento de la irradiancia, relacionados con el cambio climático, a partir de 1980 favorecieron tanto el crecimiento como la robustez de los individuos, lo que, sumado a las significativas disminuciones de los principales depredadores, sugiere un efecto positivo sobre la supervivencia y el reclutamiento de la población de pulpos (Arreguín-Sánchez, 2019). En el periodo de 2006-2015, un aumento de 2 °C en la temperatura de la superficie del mar afectó negativamente el desembarque de *Octopus maya* en la región occidental de la Península de Yucatán, lo cual sugiere una migración al oriente en busca de surgencias estacionales. Se estima que el calentamiento de las aguas del Golfo de México provocará una contracción en su distribución, e incluso causar su sustitución por una especie más tolerante (Ángeles-González et al., 2020). Esto apunta a que el grueso de la población de *O. maya* migraría de los sitios que históricamente han sido accesibles para las pesquerías artesanales, lo que indica la necesidad de desarrollar planes de contingencia para este recurso pesquero, aun cuando las regulaciones mexicanas asumen que se beneficiará del cambio climático (Ángeles-González et al., 2021).

El potencial turístico de la propuesta de PN Bajos del Norte radica en los arrecifes de coral, su deterioro asociado al cambio climático pone en riesgo el desarrollo de cualquier tipo de actividad turística en la región. Como la información relacionada con el turismo y sus impactos en la zona es insuficiente, es recomendable que las evaluaciones, así como los planes para el manejo de esta actividad económica en el área, incorporen los efectos del cambio climático y consideraciones para su atención.

### **G) CENTROS DE POBLACIÓN EXISTENTES AL MOMENTO DE ELABORAR EL ESTUDIO**

La propuesta de PN Bajos del Norte no cuenta dentro de su polígono con zonas emergentes, por lo que no existen centros de población dentro de este.





## IV. PROPUESTA DE MANEJO DEL ÁREA

### A) ZONIFICACIÓN Y SUBZONIFICACIÓN A QUE SE REFIEREN LOS ARTÍCULOS 47 BIS Y 47 BIS 1 DE LA LGEEPA

Los artículos 47 BIS y 47 BIS 1 de la LGEEPA señalan:

*“ARTÍCULO 47 BIS. Para el cumplimiento de las disposiciones de la presente Ley, en relación al establecimiento de las áreas naturales protegidas, se realizará una división y subdivisión que permita identificar y delimitar las porciones del territorio que la conforman, acorde con sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, los cuales constituyen un esquema integral y dinámico, por lo que cuando se realice la delimitación territorial de las actividades en las áreas naturales protegidas, ésta se llevará a cabo a través de las siguientes zonas y sus respectivas subzonas, de acuerdo a su categoría de manejo:*

*...”*

*“ARTÍCULO 47 BIS 1.- Mediante las declaratorias de las áreas naturales protegidas, podrán establecerse una o más zonas núcleo y de amortiguamiento, según sea el caso, las cuales, a su vez, podrán estar conformadas por una o más subzonas, que se determinarán mediante el programa de manejo correspondiente, de acuerdo con la categoría de manejo que se les asigne...*

*...*

*...*

*En los parques nacionales podrán establecerse subzonas de protección y de uso restringido en sus zonas núcleo; y subzonas de uso tradicional, uso público y de recuperación en las zonas de amortiguamiento...”*

*En el caso de los parques nacionales que se ubiquen en las zonas marinas mexicanas se establecerán, además de las subzonas previstas en el párrafo anterior, subzonas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.*

*...”*

En este sentido, y acorde a las características señaladas en el presente estudio, en la propuesta de PN Bajos del Norte se establecerán zonas núcleo y zonas de amortiguamiento, conforme al artículo 47 BIS de la LGEEPA que establece:

*I. Las zonas núcleo, tendrán como principal objetivo la preservación de los ecosistemas y su funcionalidad a mediano y largo plazo, en donde se podrán autorizar las actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación y de colecta científica, educación ambiental, y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas. Estas zonas podrán estar conformadas por las siguientes subzonas:*

*a) De protección: Aquellas superficies dentro del área natural protegida, que han sufrido muy poca alteración, así como ecosistemas relevantes o frágiles, o hábitats críticos, y fenómenos naturales, que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo.*

*En las subzonas de protección sólo se permitirá realizar actividades de monitoreo del ambiente, de investigación científica no invasiva en los términos del reglamento correspondiente, que no implique la extracción o el traslado de especímenes, ni la modificación del hábitat.*

*b) De uso restringido: Aquellas superficies en buen estado de conservación donde se busca mantener las condiciones actuales de los ecosistemas, e incluso mejorarlas en los sitios que así se requieran, y en las que se podrán realizar excepcionalmente actividades de aprovechamiento que no modifiquen los ecosistemas y que se encuentren sujetas a estrictas medidas de control.*

*En las subzonas de uso restringido sólo se permitirán la investigación científica no invasiva y el monitoreo del ambiente, las actividades de educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental, que no impliquen*





modificaciones de las características o condiciones naturales originales, y la construcción de instalaciones de apoyo, exclusivamente para la investigación científica o el monitoreo del ambiente, y

II. Las zonas de amortiguamiento, tendrán como función principal orientar a que las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas de ésta a largo plazo, y podrán estar conformadas básicamente por las siguientes subzonas:

a) ...

b) **De uso tradicional:** Aquellas superficies en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema. Están relacionadas particularmente con la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área protegida.

En dichas subzonas no podrán realizarse actividades que amenacen o perturben la estructura natural de las poblaciones y ecosistemas o los mecanismos propios para su recuperación. Sólo se podrán realizar actividades de investigación científica, educación ambiental y de turismo de bajo impacto ambiental, así como, en su caso, pesca artesanal con artes de bajo impacto ambiental; así como la infraestructura de apoyo que se requiera, utilizando ecotécnicas y materiales tradicionales de construcción propios de la región, aprovechamiento de los recursos naturales para la satisfacción de las necesidades económicas básicas y de autoconsumo de los pobladores, utilizando métodos tradicionales enfocados a la sustentabilidad, conforme lo previsto en las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

c) **De aprovechamiento sustentable de los recursos naturales:** Aquellas superficies en las que los recursos naturales pueden ser aprovechados, y que, por motivos de uso y conservación de sus ecosistemas a largo plazo, es necesario que todas las actividades productivas, se efectúen bajo esquemas de aprovechamiento sustentable.

En dichas subzonas se permitirán exclusivamente el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales renovables, siempre que estas acciones generen beneficios preferentemente para los pobladores locales, la investigación científica, la educación ambiental y el desarrollo de actividades turísticas de bajo impacto ambiental.

Asimismo, el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre podrá llevarse a cabo siempre y cuando se garantice su reproducción controlada o se mantengan o incrementen las poblaciones de las especies aprovechadas y el hábitat del que dependen; y se sustenten en los planes correspondientes autorizados por la Secretaría, conforme a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

d) ...

e) ...

f) **De uso público:** Aquellas superficies que presentan atractivos naturales para la realización de actividades de recreación y esparcimiento, en donde es posible mantener concentraciones de visitantes, en los límites que se determinen con base en la capacidad de carga de los ecosistemas.

En dichas subzonas se podrá llevar a cabo exclusivamente la construcción de instalaciones para el desarrollo de servicios de apoyo al turismo, a la investigación y monitoreo del ambiente, y la educación ambiental, congruentes con los propósitos de protección y manejo de cada área natural protegida.

g) ...

h) **De recuperación:** Aquellas superficies en las que los recursos naturales han resultado severamente alterados o modificados, y que serán objeto de programas de recuperación y rehabilitación, por lo que no deberán continuar las actividades que llevaron a dicha alteración.

En estas subzonas sólo podrán utilizarse para su rehabilitación, especies nativas de la región o en su caso, especies compatibles con el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas originales cuando científicamente se compruebe que no se afecta la evolución y continuidad de los procesos naturales..."





Realizado un análisis, económico, biológico y social centrado en los ecosistemas prioritarios del sitio, así como en el impacto de este en la economía y desarrollo de las familias asociadas a la propuesta de PN Bajos del Norte, se propone la siguiente zonificación (Tabla 12; Figura 45):

*Tabla 12. Superficies de la propuesta de zonificación del PN Bajos de Norte*

<b>ZONA</b>	<b>SUPERFICIE (HA)</b>
Amortiguamiento	959,647-55-84.03
Núcleo	344,467-33-31.97
<b>Total</b>	<b>1,304,114-89-16.00</b>



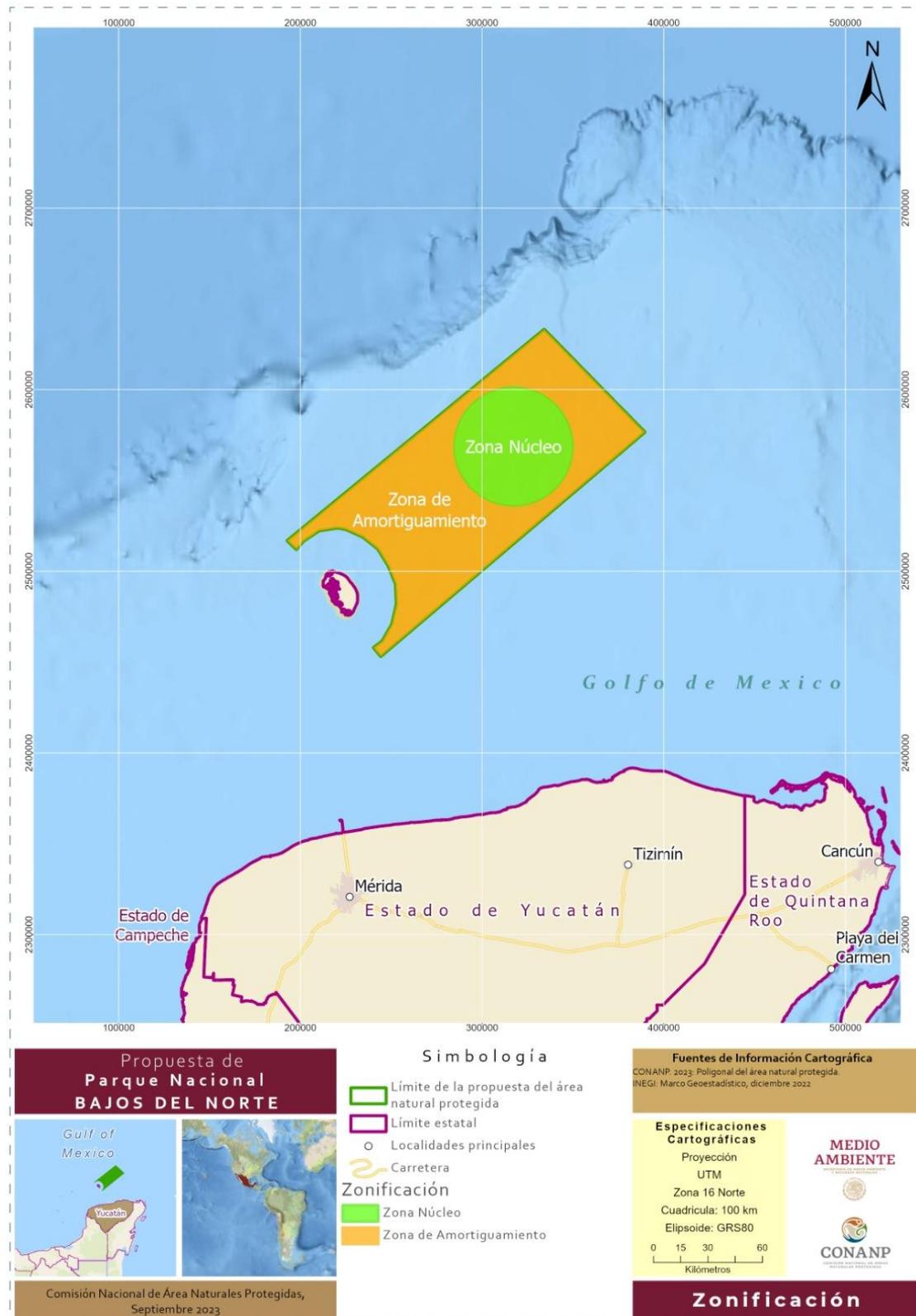


Figura 45. Zonificación de la propuesta de PN Bajos del Norte





Se propone como zona núcleo la superficie que abarca 344,467-33-31.97 ha, dentro de la cual se incluyen las zonas más altas del polígono de la propuesta de ANP (entre las isobatas de los 20 y los 80 m) donde las condiciones climáticas y fisicoquímicas permiten el establecimiento de arrecifes; así como las zonas profundas, que van de los 80 a los 120 m y que constituyen zonas de refugio y reproducción para especies, como el mero rojo. Se incluye también, la conocida como polígono 51 correspondiente a la zona de salvaguardas denominada Arrecifes de Coral del Golfo de México y Mar Caribe, con la intención de alinear esfuerzos de conservación con los instrumentos federales existentes.

De esta forma, el establecimiento de una zona núcleo dentro del polígono de la propuesta de PN Bajos del Norte en la zona de los bajos es congruente con el hecho de ser un importante sitio de agregación de mero y muchas otras especies marinas. Así, siendo el centro de reproducción y desarrollo de especies, tomando los patrones de dispersión de oriente a occidente, es lógico pensar que el *spillover* seguirá la trayectoria del resto del polígono del PN Bajos del Norte.

## **B) TIPO O CATEGORÍA DE MANEJO**

Conforme a la información reportada en el presente estudio para la propuesta de área natural protegida, considerando lo establecido en el artículo 46, fracción III de la LGEEPA, se propone que la superficie descrita se declare bajo la categoría de parque nacional, de conformidad con el artículo 50 de dicha ley, que señala:

*“ARTÍCULO 50.- Los parques nacionales se constituirán, tratándose de representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones análogas de interés general.*

*En los parques nacionales sólo podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y en general, con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológicos.”*

Así como, tratándose de un área natural protegida marina, a lo relativo al artículo 51 de la mencionada Ley, que señala:

*ARTÍCULO 51.- Para los fines señalados en el presente Capítulo, así como para proteger y preservar los ecosistemas marinos y regular el aprovechamiento sustentable de la flora y fauna acuática, en las zonas marinas mexicanas, que podrán incluir la zona federal marítimo terrestre contigua, se podrán establecer áreas naturales protegidas de los tipos a que se refieren las fracciones I, III, IV, VII y VIII del artículo 46, atendiendo a las características particulares de cada caso.*

*En estas áreas se permitirán y, en su caso, se restringirán o prohibirán las actividades o aprovechamientos que procedan, de conformidad con lo que disponen esta Ley, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley Federal del Mar, las convenciones internacionales de las que México sea parte y las demás disposiciones jurídicas aplicables.*





*Las autorizaciones, concesiones o permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales en estas áreas, así como el tránsito de embarcaciones en la zona o la construcción o utilización de infraestructura dentro de la misma, quedarán sujetas a lo que dispongan los Programas de Manejo y las declaratorias correspondientes.*

*Para el establecimiento, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas establecidas en las zonas marinas mexicanas, así como para la elaboración de su programa de manejo, se deberán coordinar, atendiendo a sus respectivas competencias, la Secretaría y la Secretaría de Marina. En todos los casos queda prohibida la introducción de especies exóticas invasoras”.*

### **C) ADMINISTRACIÓN**

De conformidad con los artículos 32 Bis, fracciones I, II, VI y VII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, fracciones I, II, III y IV, 5o, fracción VIII, 11, fracción I y 47 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 4o., primer párrafo, 5o. y 6o. del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas y, 67 fracción II, y 77 fracción I, del Reglamento Interior de la SEMARNAT, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de julio de 2022, el establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas de competencia federal son facultades de la Federación, y serán administradas directamente por la SEMARNAT, quien promoverá la participación de sus habitantes, propietarios o poseedores, gobiernos locales, pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas, y demás organizaciones sociales, públicas y privadas, con el objeto de propiciar el desarrollo integral de la comunidad y asegurar la protección y preservación de los ecosistemas y su biodiversidad.

Para tal efecto, la SEMARNAT por conducto de la CONANP, podrá suscribir con los interesados los convenios de coordinación con los gobiernos estatales y municipales, y convenios de concertación con ejidos, comunidades agrarias, pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas, grupos y organizaciones sociales y empresariales, universidades, centros de educación e investigación y demás personas físicas o morales interesadas.

La administración de las áreas naturales protegidas se efectuará de acuerdo con su categoría de manejo, de conformidad con lo establecido en la LGEEPA, su Reglamento en materia de ANP, el Decreto de creación, las normas oficiales mexicanas, su programa de manejo y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables, y se deberán adoptar:

- I. Lineamientos, mecanismos institucionales, programas, políticas y acciones destinadas a:
  - a) La conservación, preservación, protección y restauración de los ecosistemas.
  - b) El uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
  - c) La inspección y vigilancia.
- II. Medidas relacionadas con el financiamiento para su operación.
- III. Instrumentos para promover la coordinación entre los distintos niveles de gobierno, así como la concertación de acciones con los sectores público, social y privado.
- IV. Acciones tendientes a impulsar la capacitación y formación del personal técnico de apoyo.



Asimismo, en cumplimiento a los artículos 8o. y 9o. del Reglamento de la LGEEPA en Materia de ANP, la administración y manejo del área natural protegida se efectuará través de una persona que será titular de la Dirección del Área, designada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

#### **D) OPERACIÓN**

La operación de la propuesta de PN Bajos del Norte se llevará a cabo por la Dirección del ANP, responsable de coordinar e integrar todas las actividades y recursos humanos y financieros para alcanzar los objetivos de conservación del ANP, mediante una estrategia integral que incluya la protección de los recursos naturales, la restauración de áreas degradadas y su aprovechamiento sustentable, en las que se tendrán las siguientes líneas de trabajo:

**Inspección y vigilancia.** La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y la Secretaría de Marina, realizarán las acciones de inspección y vigilancia para asegurar el cumplimiento de lo dispuesto en el decreto de creación y la correcta ejecución del programa de manejo respectivo, así como las normas aplicables vigentes, en el ámbito de sus respectivas competencias.

**Protección y preservación.** Desarrollar actividades de protección en las zonas que deben ser atendidas por su prioridad ambiental, así como actividades encaminadas a la protección de especies de fauna emblemática que son indicadoras de la calidad de hábitat para esta región.

**Participación social.** Establecer y coordinar los mecanismos que permitan la participación de todos los sectores sociales interesados en el ANP, principalmente en la identificación y análisis de problemáticas, en la formulación de propuestas y en el diseño e implementación de acciones en beneficio de las comunidades aledañas, que aseguren la protección y preservación de los ecosistemas y su biodiversidad.

**Conocimiento e investigación.** Desarrollar, impulsar y coordinar actividades de investigación que realicen instituciones académicas y organizaciones no gubernamentales, tanto nacionales como extranjeras.

**Monitoreo.** Realizar o coordinar acciones de monitoreo sistemático de los indicadores ecológicos, productivos y sociales que se definan para el área natural protegida.

**Educación ambiental.** Diseñar y desarrollar un programa de educación ambiental, que incluya los valores ambientales, sociales, culturales y arqueológicos de la región, así como los retos, amenazas y la propuesta para superarlos.

**Restauración y repoblación.** Identificar las zonas para restauración que presentan indicadores de degradación ambiental y realizar las acciones correspondientes y actividades de repoblamiento de especies, para los casos en que sea necesario.

**Aprovechamiento.** Aprovechar de forma ordenada y sustentable; para ello, la Dirección del ANP deberá elaborar un registro de usuarios del ANP. Definir, en coordinación con las autoridades correspondientes, el establecimiento de políticas de aprovechamiento compatibles con la conservación de los recursos y especialmente con la conservación del hábitat y especies protegidas



que se distribuyen en la zona, promoviendo el uso de tecnologías para la protección de los ecosistemas y evitar aquellas que los alteren.

Asimismo, el Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas (PNANP) 2020-2024 señala objetivos con diversas estrategias y líneas de acción para un manejo eficiente que serán consideradas para la operación, acorde a las características y la categoría de la propuesta de ANP (Tabla 13):

*Tabla 13. Objetivos y estrategias para el manejo eficiente de la propuesta de PN Bajos del Norte*

<b>OBJETIVO</b>	<b>ESTRATEGIAS</b>
<b>1. Manejo Efectivo de las ANP</b>	
Fortalecer el manejo efectivo de las ANP e impulsar el incremento de la superficie de conservación para mantener la representatividad de la biodiversidad, la conectividad y funcionalidad de los ecosistemas y la provisión de sus servicios ambientales para el mejoramiento de la calidad de vida de las actuales y futuras generaciones.	1.1. Evaluar y fortalecer el Manejo Efectivo de las ANP terrestres y marinas. 1.2. Incrementar la superficie protegida a través de ANP y otras modalidades de conservación. 1.3. Fomentar el enfoque de manejo integrado del paisaje (MIP) y la conectividad ecológica. 1.4. Fomentar y fortalecer mecanismos de participación social y gobernanza en ANP. 1.5.- Promover la generación y difusión de conocimiento para la conservación y el manejo efectivo de las ANP.
<b>2. Participación Comunitaria</b>	
Impulsar la participación comunitaria en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las ANP para mejorar sus medios de vida y reducir su vulnerabilidad.	2.1. Fomentar proyectos y emprendimientos productivos sustentables que fortalezcan a las comunidades locales y disminuyan su vulnerabilidad en ANP y zonas de influencia. 2.2. Impulsar acciones de restauración con fines productivos en ANP y zonas de influencia. 2.3. Coadyuvar en las medidas para la prevención de contingencias y gestión comunitaria de riesgos en las Áreas Naturales Protegidas y zonas de influencia y promoviendo soluciones naturales basadas en ecosistemas.
<b>3. Restauración de ecosistemas y conservación de especies prioritarias y su hábitat</b>	
Promover la restauración de ecosistemas, así como acciones de protección y monitoreo para la conservación y recuperación de especies prioritarias y sus hábitats en las ANP y zonas de influencia.	3.1. Promover la restauración de ecosistemas terrestres, insulares, marinos y de agua dulce, considerando el contexto del cambio climático. 3.2. Impulsar la protección y conservación de especies prioritarias y de interés y sus hábitats.
<b>4. Gestión efectiva institucional</b>	
Fortalecer las capacidades institucionales para el logro de los objetivos sustantivos de la Comisión, optimizando la coordinación y articulación intra e interinstitucional con otras dependencias y actores involucrados con las Áreas Naturales Protegidas y fomentando y fortaleciendo la participación y cooperación internacional.	4.1 Fortalecer las capacidades institucionales para el manejo efectivo de las ANP. 4.2 Fortalecer a las ANP como soluciones naturales para el Cambio Climático (adaptación y mitigación). 4.3 Optimizar la coordinación y articulación interinstitucional para lograr el cumplimiento del PNANP. 4.4 Fomentar y fortalecer la participación y la cooperación internacional en materia de conservación.





## **E) FINANCIAMIENTO**

El financiamiento para la operación de ANP provendrá de los recursos fiscales aportados por el Gobierno Federal a través de la CONANP. Adicionalmente se diseñarán los mecanismos para el financiamiento del ANP mediante estrategias e instrumentos que permitan asegurar la sustentabilidad económica del ANP, la identificación y gestión de fuentes alternativas de recursos económicos.

Dentro de las fuentes de financiamiento interno y externo destacan, de manera enunciativa más no limitativa, las siguientes:

- Recaudación y administración de fondos adicionales a los recursos fiscales con que contará el ANP.
- Cobro de derechos por el uso y aprovechamiento del ANP.
- Aportaciones de organismos financieros internacionales.
- Donaciones privadas y de fundaciones nacionales e internacionales a través de asociaciones civiles.
- Fideicomisos locales y regionales de apoyo a las Áreas Naturales Protegidas.
- Aportaciones en especie por parte de fundaciones, instituciones académicas o personas físicas (realización de estudios e investigaciones, acciones de monitoreo, equipo e infraestructura, entre otras).

Asimismo, con el objeto de asegurar el uso sustentable de los recursos y cumplir con los objetivos del ANP, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales podrá diseñar y aplicar los instrumentos económicos establecidos en la LGEEPA enfocados a promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del ANP.



## V. BIBLIOGRAFÍA

Aguayo-Camargo, J. E., & Carranza-Edwards, E. 1991. Geología Marina, escala 1: 4 000 000. En I. d. Geografía, Tectónica marina. Atlas Nacional de México (pág. IV.9.5.A.). México: UNAM.

Aguilar-Perera, A., González-Salas, C., Tuz-Sulub, A., & Villegas-Hernández, H. 2009. Fishery of the Goliath Grouper, *Epinephelus Itajara* (Teleostei: Epinephelidae) Based on Local Ecological Knowledge and Fishery Records in Yucatan, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), 557-66. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i3.5475>. Fecha de consulta: 19 junio de 2023.

Aguilar-Perera, A., & Hernández-Landa, R. C. 2017. The rainbow parrotfish (*Scarus guacamaia*) does not depend on mangroves as nursery habitats in the Parque Nacional Arrecife Alacranes, Southern Gulf of Mexico. *Marine Biodiversity*, 47(1), 13-14.

Aguilar-Perera, A., Quijano-Puerto, L., & Hernández-Landa, R. C. 2017. Lionfish invaded the mesophotic coral ecosystem of the Parque Nacional Arrecife Alacranes, Southern Gulf of Mexico. *Marine Biodiversity*, 47(1), 15-16. <https://doi.org/10.1007/s12526-016-0536-8>. Fecha de consulta: 27 junio de 2023.

Aguilar-Perera, A.; Hernández-Landa, R.; Quijano-Puerto, L.; Cáceres-G, C. y Doyle, E. 2018. Rapid Resilience Assessment Protocol Reveals Good Coral Reef Conditions in the Parque Nacional Arrecife Alacranes, off the Northern Yucatan Peninsula, Mexico. Proceedings of the 70th Gulf and Caribbean Fisheries Institute November 6 - 10, 2017. Mérida, México.

Aguilar, V., M. Kolb, D. Hernández, T. Urquiza, P. Koleff. 2008. [Prioridades de conservación de la biodiversidad marina de México](#). Conabio. Biodiversitas, 79:1-15 Fecha de consulta: 19 junio de 2023.

Agyeman, Y. B. 2019. Ecotourism as an adaptation strategy for mitigating climate change impacts on local communities around protected areas in Ghana. Handbook of Climate Change Resilience [Filho, WL (ed.)]. Springer, Cham, Switzerland, 537-555.

Albano, P. S., Fallows, C., Fallows, M., Schuitema, O., Bernard, A. F., Sedgwick, O., & Hammerschlag, N. 2021. Successful parks for sharks: No-take marine reserve provides conservation benefits to endemic and threatened sharks off South Africa. *Biol Conserv*, 261(109302). doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109302> Fecha de consulta: 23 de julio de 2023.

Albañez, M. 2010. Distribución espacial del mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche, México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. 122 pp.

Alemu I., J. B. 2014. Fish Assemblages on Fringing Reefs in the Southern Caribbean: Biodiversity, Biomass and Feeding Types. *Revista de Biología Tropical*, 62418.

Alongi, D. M., Christoffersen, P., Tirendi, F., & Robertson, I. 1992. The Influence of Freshwater and Material Export on Sedimentary Facies and Benthic Processes within the Fly Delta and Adjacent Gulf of Papua (Papua New Guinea). *Continental Shelf Research*, 12(2-3), 287-326.





Alva-Basurto, J. C., & Arias-González, J. E. 2014. Modelling the effects of climate change on a Caribbean coral reef food web. *Ecol Modell*, 289, 1-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.06.014> Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2023.

Alvarado-Chacón, E. M., Gómez-Lemos, L. A., Sierra-Sabalza, N. P., Hernández-Chamorro, A. M., Lozano-Peña, J. P., Valcárcel-Castellanos, C. A., Pizarro, V., García-Ureña, R., Zárate-Arévalo, J. C., & Rojas, J. A. 2020. Early life history of the Caribbean coral *Orbicella faveolata* (Scleractinia: Merulinidae). *Revista De Biología Tropical*, 68(4), 1262–1274. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i4.40805> Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2023.

Álvarez-Filip, L., Côté, I. M., Gill, J. A., Watkinson, A. R., & Dulvy, N. K. 2011. Region-wide temporal and spatial variation in Caribbean reef architecture: Is coral cover the whole story? *Global Change Biology*, 17, 2470–2477. doi:10.1111/j.13652486.2010.02385.x .

Ángeles-González, L.E.; Lima, F. D.; Caamal-Monsreal, C.; Díaz, F. y Rosas, C. 2020. Exploring the effects of warming seas by using the optimal and pejus temperatures of the embryo of three Octopoda species in the Gulf of Mexico. *Journal of Thermal Biology* 94: 102753 doi: 0.1016/j.jtherbio.2020.102753.

Ángeles-González, L. E.; Martínez-Meyer, E.; Yañez-Arenas, C.; Velázquez-Abunader, I.; López-Rocha, J. A.; Torrejón-Magallanes, J.; y Rosas, C. (2021). Climate change effect on *Octopus maya* (Voss and Solís-Ramírez, 1966) suitability and distribution in the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico: A correlative and mechanistic approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 260: 107502 doi: 10.1016/j.ecss.2021.107502.

Antonucci, F., Costa, C., Aguzzi, J., & Cataudella, S. 2009. Ecomorphology of Morpho-Functional Relationships in the Family of Sparidae: A Quantitative Statistic Approach. *Journal of Morphology*, 270(7), 843-55.

Appendini, C. M., Meza-Padilla, R., Abud-Russell, S., Proust, S., Barrios, R. E., & Secaira-Fajardo, F. 2019. Effect of climate change over landfalling hurricanes at the Yucatan Peninsula. *Climatic Change*, 157, 469–482. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02569-5> Fecha de consulta: 19 de julio de 2023.

Appendini, C., Torres-Freyermuth, A., López-González, J., & Tonathiu-Mendoza, E. 2014. Wave Climate and Trends for the Gulf of Mexico: A 30-Yr Wave Hindcast. *Journal of Climate*, 27(4), 1619-1631. doi:10.1175/JCLI-D-13-00206.1.

Árcega Cabrera, F.; Dótor Almazán, A. y Herguera García, J.C. (2021). Descripción del Golfo de México. En Herzka, S.Z., Zaragoza Álvarez, R.A., Peters, E.M., y Hernández Cárdenas, G. (Coord. Gral.) Atlas de línea base ambiental del Golfo de México. Tomo Introducción (pp 49-56). Consorcio de Investigación del Golfo de México. Disponible en: [https://atascigom.cicese.mx/map\\_data/T000/ATLAS-TOMO-0.pdf](https://atascigom.cicese.mx/map_data/T000/ATLAS-TOMO-0.pdf) Fecha de consulta 19 de septiembre de 2023.

Arias-González, J. E., Calle Triviño, J., Cortés-Useche, C., Cabrera-Pérez, J. L., Muñiz-Castillo, A. I., Cabrera-Martínez, J. P., & Viveros-Martínez, C. I. 2015. *Restauración y manejo de sitios arrecifales impactados por fenómenos naturales y antrópicos en el Parque Nacional Arrecife Alacranes*. PROCER/PNAA/02/2015.





Arias-González, J. E., Fung, T., Seymour, R. M., Garza-Pérez, J. R., Acosta-González, G., Bozec, Y. M., & Johnson, C. R. 2017. A Coral-Algal Phase Shift in Mesoamerica Not Driven by Changes in Herbivorous Fish Abundance. *PLoS ONE*, 12(4). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174855> Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2023.

Arias-González, J. E., Nuñez-Lara, E., González-Salas, C., & Galzin, R. 2004. Trophic Models for Investigation of Fishing Effect on Coral Reef Ecosystems. *Ecological Modelling*, 172(2-4), 197-212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.09.007> Fecha de consulta: 25 de junio de 2023.

Arias-González, J. E., Núñez-Lara, E., Rodríguez-Zaragoza, F. A., & Legendre, P. 2011. Indicadores Del Paisaje Arrecifal Para La Conservación de La Biodiversidad de Los Arrecifes de Coral Del Caribe. *Ciencias Marinas*.

Arreguín-Sánchez, F., & Arcos-Huitrón, E. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *HIDROBIOLÓGICA*, 21(3), 431-462. Obtenido de <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/773> Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2023.

Arreguín-Sánchez, F., & Ruiz-Barreiro, T. M. 2014. Approaching a Functional Measure of Vulnerability in Marine Ecosystems. *Ecological Indicators*, 45, 130-38. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.009>.

Arreguín-Sánchez, F. (2019). Climate change and the rise of the octopus fishery in the Campeche Bank, México. *Regional Studies in Marine Science* 32: 100852 doi: 10.1016/j.rsma.2019.100852.

Arreguín-Sánchez, F., Arcos, E., & Chávez, E. A. 2002. Flows of Biomass and Structure in an Exploited Benthic Ecosystem in the Gulf of California, Mexico. *Ecological Modelling*, 156(2-3), 167-83. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00159-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00159-X) Fecha de consulta: 16 de agosto de 2023.

Ashok, S., Behera, M. D., Tewari, H. R., y Jana, C. 2022. Developing ecotourism sustainability maximization (ESM) model: a safe minimum standard for climate change mitigation in the Indian Himalayas. *Environmental Monitoring and Assessment* 194(12): 914.

Avendaño, O., Hernández-Flores, A., Velázquez-Abunader, I., Fernández-Jardón, C., Cuevas-Jiménez, A., & Guerra, Á. 2020. *Potential biomass and distribution of octopus in the eastern part of the Campeche Bank (Yucatán, Mexico)*. doi:10.3989/scimar.05007.01A.

Atwood, T. B., Witt, A., Mayorga, J., Hammill, E., y Sala, E. 2020. Global patterns in marine sediment carbon stocks. *Frontiers in Marine Science* 7: 165.

Barba-Meinecke, H., R. Junco, J. Reyes-Trujeque. 2020. El tesoro de Alacranes. Estudio multidisciplinario del pecio Ancla Macuca, Yucatán. *Arqueología Mexicana*. Número 164, pp. 58-63, Ciudad de México.

Baker-Siddique, M. A., Ahammad, A. S., & Bashar, A. 2022. Impacts of climate change on fish hatchery productivity in Bangladesh: A critical review. *Heliyon*, e11951. doi: 10.1016/j.heliyon. 2022.e11951.



Basurto Hernández, S., Galindo Paliza, L. M., y Ríos Mohar, J. (2023). Impactos económicos potenciales del cambio climático en la ganadería: caso de México. *Problemas del desarrollo* 54(212): 27-54.

Bayraktarov, E., Pizarro, V., Eidens, C., et al. (2013) Bleaching susceptibility and recovery of Colombian Caribbean corals in response to water current exposure and seasonal upwelling. *PLoS One* 8 (11): e80536.

Bellard, C.; Thuiller, W.; Leroy, B.; Genovesi, P.; Bakkenes, M. y Courchamp, F. (2013). Will climate change promote future invasions? *Glob Chang Biol.* 19(12):3740-8. doi: 10.1111/gcb.12344.

Bennett, N. J., & Dearden, P. 2014. From measuring outcomes to providing inputs: Governance, management, and local development for more effective marine protected areas. *Marine Policy*, 50, 96-110. doi: j. marpol.2014.05.005.

Berkelmans, R., & Oliver, J. K. 1990. Large scale bleaching of corals on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 18, 55-60.

Bianchi, T. S., Schreiner, K. M., Smith, R. W., Burdige, D. J., Woodard, S., y Conley, D. J. (2016). Redox effects on organic matter storage in coastal sediments during the Holocene: a biomarker/proxy perspective. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 44: 295-319. doi: 10.1146/annurev-earth-060614-105417.

Birkeland, R. (Ed.). 1997. Life and death of coral reefs. Chapman and Hall, Nueva York. 536 p.

Bjorndal, K. A. 1997. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. En: P. L. Lutz y J. A. Musick (Eds.). *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 199-231.

Boyd P. W., Claustre H., Levy M., Siegel D. A. y Weber T. (2019). Multi-faceted Particle Pumps Drive Carbon Sequestration in the Ocean. *Nature* 568: 327-335. doi: 10.1038/s41586-019-1098-2.

Brown, B. E. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. In *Coral Reefs* (Vol. 16).

Brulé, T., Caballero-Arango, D., Renán, X., & Colás-Marrufo, T. 2016. Confirmation of Functional Hermaphroditism in Six Grouper Species (Epinephelidae: Epinephelinae) from the Gulf of Mexico. *Cybium*, 40(1), 83-92.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2003. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts.

Brusca, R.C., W. Moore y S.M. Shuster. 2016. *Invertebrates*. Third Edition. Sunderland, Massachusetts, USA.

Bryant, W. R., Lugo, J., Córdova, C., & Salvador, A. 1969. Physiography and bathymetry. En A. Salvador, *The Gulf of Mexico basin. Boulder Colorado, Geological Society of America, The Geology of North America* (págs. 13-30). doi: <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-J.13>. Fecha de consulta: 16 de agosto de 2023

Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. 2011. Reefs at risk revisited. World Resources Institute.





Byrne M. 2011. Echinodermata. In: Hopley D, editor. Encyclopedia of modern coral reefs: structure, form and process. Dordrecht: Springer; p. 358–359.

Caballero-Arango, D., T. Brulé, V. Nóch-Quiñones, T. Colás-Marrufo y E. Pérez-Díaz. 2013. Reproductive Biology of the Tiger Grouper in the Southern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*. 142(1): 282-99.

Carballo, J.L. y P. Gómez. 2002. Las esponjas marinas de Sinaloa: un recurso desconocido de nuestro litoral. En: Cifuentes, J.L. y J. Glaxiola (Eds.). Atlas de los ecosistemas de Sinaloa. Consejo estatal de Ciencia y Tecnología. Sinaloa, México.

Carballo, J.L. y S. Naranjo. 2002. Environmental assessment of a large industrial marine complex based on a community of benthic filter-feeders. *Marine pollution Bulletin* 44: 605-610.

Carballo, J.L., P. Gómez y J.A. Cruz-Barraza. 2014. Biodiversidad de Porifera en México. *Rev. Mex. Biodiv.* 85: 143-153.

Cárcel-Román, J. A. 2007. Contribución al conocimiento de los tunicados bentónicos solitarios (Chordata: Urochordata) de la Antártida Occidental e Islas del Arco de Scotia. Tesis doctoral. Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada. Universidad de Alicante, España.

Caso, M., Pisanty, I., & Ezcurra, E. 2004. *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*.

Castillo-Rodríguez, Z.G. 2014. Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Rev. Mex. Biodiv.* 85: S419-S430.

Catano, L. B., B. K. Gunn, M. C. Kelley y D. E. Burkepille. 2015. Predation risk, resource quality, and reef structural complexity shape territoriality in a coral reef herbivore. *PLoS ONE*. 10: 1–21.

Chasqui, L., Rincón-Díaz, N., & Vanegas, M. 2020. Abundancia del pez león invasor *Pterois volitans* en los arrecifes de coral costeros del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 49(1), 157-170. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.1.779> Fecha de consulta: 23 de junio de 2023.

Chavez-Hidalgo, A. 2009. Conectividad de los arrecifes coralinos en el Golfo de México y Caribe Mexicano, Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional.

Chisholm, J. R. M. y Barnes, D. J. 1998. Anomalies in coral reef community metabolism and their potential importance in the reef CO<sub>2</sub> source-sink debate. *PNAS* 1998: 95 (11): 6566–6569.

Choat, J. H. 1991. The Biology of Herbivorous Fishes on Coral Reefs. En *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*.

CMNUCC. 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio climático. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> Fecha de consulta: 11 de marzo de 2023.



CONABIO. 2022. Arrecifes. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes>. Fecha de consulta: 23 de agosto de 2023.

CONABIO. 2023a. Base de Datos Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONABIO (comp.). 2023b. Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México. Base de datos SNIB-CONABIO. México.

CONABIO. 2023c. Especies Exóticas Invasoras. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México. México. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras> Fecha de consulta: 3 de agosto de 2023.

CONANP. 2016. Estudio Previo Justificativo para la declaratoria de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, Quintana Roo. 305 páginas.

CONANP. 2015. Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una Convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

CONAPESCA. 2008. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2008. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

CONAPESCA. 2019. Anuario Estadístico de Pesca y Acuacultura 2019. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

CONAPESCA. 2020. Anuario Estadístico de Pesca y Acuacultura 2020. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

CONAPESCA. 2021. Anuario Estadístico de Pesca y Acuacultura 2021. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

CONAPESCA. 2023. Registro de la Producción Pesquera y Acuícola del año 2022. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Disponible en: [www.datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera](http://www.datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera) Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2023.

CONEVAL. 2022. Pobreza en México. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx> Fecha de consulta: 15 de agosto de 2023.

Cooper, J. W., & Westneat, M. W. 2009. Form and Function of Damsel Skiffs: Rapid and Repeated Evolution into a Limited Number of Trophic Niches. *BMC Evolutionary Biology*, 9(1), 24.

Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, (2021): CMIP6 climate projections. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.c866074c.



Cordes, E. E., Jones, D. O. B., Schlacher, T. A., Amon, D. J., Bernardino, A. F., Brooke, S., et al. (2016). Environmental impacts of the deep-water oil and gas industry: a review to guide management strategies. *Front. Environ. Sci.* 4: 58. doi: 10.3389/fenvs.2016.00058.

Coronado, E. 2010. Análisis comparativo de las operaciones de pesca de tres flotas que inciden sobre el recurso mero rojo y especies asociadas en Yucatán. *Tesis de Maestría*, Cinvestav.

Coronado, E., Salas, S., Cepeda-González, M. F., & Chuenpagdee, R. 2020. Who's who in the value chain for the Mexican octopus fishery: Mapping the production chain. *Marine Policy*, 118, 104013. doi: 10.1016/j.marpol.2020.104013.

Cotovicz, L. C., Chielle, R. y Marins, R. V. Air-sea CO<sub>2</sub> flux in an equatorial continental shelf dominated by coral reefs (Southwestern Atlantic Ocean). *Continental Shelf Research* 2020: 204: 104175.

Cottrell, R. S., Nash, K. L., Halpern, B. S., Remenyi, T. A., Corney, S. P., Fleming, A., et al. (2019). Food production shocks across land and sea. *Nature Sustainability* 2(2): 130-137.

Cuevas, E., N.F. Putman, A. Uribe-Martínez, M.C. López-Castro, V. Guzmán-Hernández, Gallegos-Fernández, S. A., Silver, J. 2020. First Spatial Distribution Analysis of Male Sea Turtles in the Southern Gulf of Mexico.

Davies, A. J., Roberts, J. M., y Hall-Spencer, J. 2007. Preserving deep-sea natural heritage: emerging issues in offshore conservation and management. *Biol. Conserv.* 138: 299–312. doi: 10.1016/j.biocon.2007.05.011.

Davison P. C., Checkley D. M., Koslow J. A. y Barlow J. 2013. Carbon Export Mediated by Mesopelagic Fishes in the Northeast Pacific Ocean. *Prog. Oceanogr.* 116: 14–30. doi: 10.1016/j.pocean.2013.05.013.

de Goeij J M, van Duyl F C. 2007. Coral cavities are sinks of dissolved organic carbon (DOC). *Limnology and Oceanography* 52 (6): 2608–2617.

Dean, H.K. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Rev. Biol. Trop.* 56(4): 11-38.

DGRU. 2023. Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias. Dirección General de Repositorios Universitarios, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://datosabiertos.unam.mx/> Fecha de consulta: 9 de agosto de 2023.

DOF. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicado el 30 de diciembre de 2010.

DOF. 2014. ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Mero (*Epinephelus morio*) y especies asociadas en la Península de Yucatán. Publicado el 25 de noviembre de 2014.





DOF. 2014a. ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero para la langosta espinosa (*Panulirus argus*) de la Península de Yucatán. Publicado el 13 de marzo de 2014.

DOF. 2014b. ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de pulpo (*O. Maya* y *O. Vulgaris*) del Golfo de México y Mar Caribe. Publicado el 28 de marzo de 2014.

DOF. 2014c. ACUERDO por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicado el 5 de marzo de 2014.

DOF. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 8 de mayo de 2023. México.

DOF. 2015a. NORMA Oficial Mexicana NOM-062-SAG/PESC-2014, Para la utilización del Sistema de Localización y Monitoreo Satelital de Embarcaciones Pesqueras. Publicada el 3 de julio de 2015.

DOF. 2015b. NORMA Oficial Mexicana NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013, Sobre sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos en la pesca en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Publicada el 21 de enero de 2015.

DOF. 2016. ACUERDO por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicado el 7 de diciembre de 2016.

DOF. 2016a. DECRETO por el que se establece la zona de salvaguarda denominada Arrecifes de Coral del Golfo de México y Caribe Mexicano. Publicado el 7 de diciembre de 2016.

DOF. 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Publicada el 30 de diciembre de 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicada el 14 de noviembre de 2019.

DOF. 2022a. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación, publicado el 26 de julio de 2022. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/763278/CNP\\_2022.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/763278/CNP_2022.pdf) Fecha de consulta: 13 de septiembre de 2023.

DOF. 2022b. Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Tiburones y Rayas del Golfo de México y Mar Caribe. Publicado el 9 de julio de 2022.

DOF. 2023. ACUERDO por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Publicado el 21 de julio de 2023.

DOF. 2020. FE de erratas a la Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de



México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010, publicada el 14 de noviembre de 2019. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicada el 4 de marzo de 2020.

Dogliotti, A. I., Lutz, V., & Segura, V. 2014. Estimation of primary production in the southern Argentine continental shelf and shelf-break regions using field and remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, 140, 497–508.

Dominguez, C., Done, J.M., Bruyère, C.L. 2021. Future Changes in Tropical Cyclone and Easterly Wave Characteristics over Tropical North America. *Oceans*: 2, 429–447.

Duarte, C. M. 2002. The future of seagrass meadows. *Environmental conservation*, 29(2), 192-206.

Duffy, J.E. 2002. Biodiversity and ecosystem function: the consumer connection. *Oikos* 99(2): 201-219

Dulvy, N. K., Baum, J. K., Clarke, S., Compagno, L. J., Cortés, E., Domingo, A., Valenti, S. 2008. You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst*, 18, 459-482.

Durán R. y M. Méndez (Eds). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.

Ehrlich, H., M. Ilan, M. Maldonado, G. Muricy, G. Bavestrello, Z. Kljajic, J. L. Carballo, S. Schiaparelli, A. Ereskovsky, P. Schupp, R. Born, H. Worch, V. V. Bazhenov, D. Kurek, V. Varlamov, D. Vyalikh, K. Kummer, V. V. Sivkov, S. L. Molodtsov, H. Meissner, G. Richter, E. Steck, W. Richter, S. Hunoldt, M. Kammer, S. Paasch, V. Krasokhin, G. Patzke y E. Brunner. 2010. Three dimensional chitin-based scaffolds from *Verongida* sponges (Demospongiae: Porifera). Part I. Isolation and identification of chitin. *International Journal of Biological Macromolecules* 47: 132-40.

El-Naggar, H. A. 2020. *Human Impacts on Coral Reef Ecosystem. In Natural Resources Management and Biological Sciences*. IntechOpen. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.88841> Fecha de consulta: 01 de julio de 2023.

Enríquez, C., & Mariño-Tapia, I. 2014. Mechanisms driving a coastal dynamic upwelling. *Proceedings of the 17th Physics of Estuaries and Coastal Seas (PECS). 19–24 October*. Porto de Galinhas, Pernambuco, Brazil.

Enríquez, C., Mariño-Tapia, I., Jerónimo, G., & Capurro-Filigrasso, L. 2013. Thermohaline processes in a tropical coastal zone. *Continental Shelf Research*, 69, 101-109.

Escalante-Posse, R. M. 2017. Evidencia arqueológica pecio Ancla Macuca, acercamiento a la limpieza dental del siglo XVIII. Tesis de licenciatura en arqueología. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ciencias Antropológicas. Mérida, Yucatán, México.



Escobar-Briones, E., & Jiménez-Guadarrama, E. L. 2010. Macrocrustáceos (Peracarida, Decapoda) de fondos carbonatados del sector occidental del banco de Campeche en el sur del golfo de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81, 63-72.

Espinosa-Pérez, E. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Rev. Mex. Biodiv. Supl.* 85: S450-S459.

Espinoza-Tenorio, A., Espejel, I., & Wolff, M. 2011. Capacity building to achieve sustainable fisheries management in Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 54(10), 731-741. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2011.07.001.

Espinoza-Tenorio, A., Moreno-Báez, M., Pech, D., Villalobos-Zapata, G. J., Vidal-Hernández, L., Ramos-Miranda, J., Espejel, I. 2014. El ordenamiento ecológico marino en México: un reto y una invitación al quehacer científico. *Latin American journal of aquatic research*, 42(3), 386-400.

Estrada, F., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, O., y Botzen, W. 2022. Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture. *Regional Environmental Change*, 22(4): 126.

FAO. 2018. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FAO y PNUMA. 2020. *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Roma. doi: <https://doi.org/10.4060/ca8642es> Fecha de consulta: 13 de agosto de 2023

FAO-SADER. 2016. *Plan Rector para el Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura Sostenibles de Yucatán*.

Fauchald, K., A. Granados-Barba y V. Solís-Weis. 2009. Polychaeta (Annelida) of Gulf of México. *En: Felder, L. y D.K. Camp (Eds.). In Gulf of Mexico. Origin, waters and Biota, Vol. 1. Texas A&M University Press. Corpus Christi.*

Favoretto, F., I. Mascareñas-Osorio, L. León-Deniz, C. González-Salas, H. Pérez-España, M. Rivera-Higueras, M.A. Ruiz-Zárate, A. Vega-Zepeda, H. Villegas-Hernández y O. Aburto-Oropeza. 2020. Being Isolated and Protected Is Better Than Just Being Isolated: A Case Study from the Alacranes Reef, Mexico. *Frontiers in Marine Science* 7.

Feng, G., Zhuang, P., & Zhang, L. 2010. Biological effects of temperature and salinity on larval quality of *Tridentiger trigonocephalus*. *Proceedings - 2010 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, BMEI 2010*, (págs. 1133-1137).

Fernández, M. y G. Rivas (Eds.). 2018. Niveles de organización en animales. Las prensas de ciencias. UNAM. México.

Fernández-Álamo M.A. 2017. Phylum Cnidaria. *En: Fernández-Álamo M.A. y G. Rivas (Eds). Niveles de organización en animales. Facultad de Ciencias. UNAM.*

Fisher, B. et al. 2017. Integrating fisheries and agricultural programs for food security. *Agric. Food Secur.* 6: 1.



Forrester, G. E. 2020. The influence of boat moorings on anchoring and potential anchor damage to coral reefs. *Ocean and Coastal Management*, 198(105354). doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105354> Fecha de consulta: 11 de julio de 2023.

Fricke, R., W.N. Eschmeyer y R. Van der Laan. 2023. Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, species, references. Disponible en: <https://www.calacademy.org/scientists/projects/eschmeyers-catalog-of-fishes>. Fecha de consulta: 24 de agosto de 2023.

Fraga, J. 2004. Los habitantes de la zona costera de Yucatán: entre la tradición y la modernidad. En E. Rivera Arriaga, G. J. Villalobos Zapata, I. Azuz Adeath, & F. Rosado May, *El manejo costero en México* (págs. 497-506). Campeche: Universidad Autónoma de Campeche, Semarnat, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo.

Froese, R. y D. Pauly. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. Disponible en: <https://www.fishbase.se/search.php>. Fecha de consulta: 2 de agosto de 2023.

Galindo-Cortes, G., Jiménez-Badillo, L., & Meiners, C. 2019. Moving from Stock Assessment to Fisheries Management in Mexico: The Finfish Fisheries from the Southern Gulf of Mexico and Caribbean Sea. En S. Salas, M. J. Barragán-Paladines, & R. (. Chuenpagdee, *Viability and Sustainability of Small-Scale Fisheries in Latin America and The Caribbean* (págs. 243-263). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-76078-0\_11.

Galván-Magaña, F., Castillo-Geniz, J. L., Hoyos-Padilla, M., Ketchum, J., Klimley, A. P., Ramírez-Amaro, S., Tovar-Ávila, J. 2019. Chapter Three - Shark ecology, the role of the apex predator and current conservation status. En S. E. Larson, & D. -A. Lowry, *Sharks in Mexico: Research and Conservation Part A* (Vol. 83, págs. 61-114). Academic Press. Advanced in Marine Biology.

Gaona, O. y Barragán, A. (Coord.) 2016. Las tortugas marinas en México: Logros y perspectivas para su conservación. Soluciones Ambientales ITZENI (Ed.) Ciudad de México.

García-Baquero-González, A. 1992. La Carrera de Indias, suma de contratación y océano de negocios. Editado por la Sociedad Estatal Expo 92-Algaida, Sevilla, España.

García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, 4ª ed. México: Instituto de Geografía, UNAM.

García-García, A.M.E., E. Cabrera-Becerril, M.L. Núñez-Resendiz, K.M. Dreckmann y A. Sentíes. 2020. Actualización taxonómica de las algas rojas (Rhodophyta) marinas bentónicas del Atlántico mexicano. *Acta Botánica Mexicana* 127: e1677.

García-García, A.M.E., E. Cabrera-Becerril, M.L. Núñez-Resendiz, K.M. Dreckmann y A. Sentíes. 2021. Actualización taxonómica de las algas pardas (Phaeophyceae, Ochrophyta) marinas bentónicas del Atlántico mexicano. *Acta Botánica Mexicana* 128: e1968.

García-Madrigal, M. del S., J.L. Villalobos-Hiriart, F. Álvarez y R. Bastida-Zabala. 2012. Estado del conocimiento de los crustáceos de México. *Ciencia y Mar* 16(46): 43-62.



Gardner, T. A., Gill, J. A., Grant, A., & Watkinson, A. R. 2005. Hurricanes and Caribbean coral reefs: Impacts, recovery patterns, and role in long-term decline. *Ecology*, 86(1), 174–184.

Garner, S. B., Boswell, K. M., Lewis, J. P., Tarnecki, J. H., & Patterson, W. F. 2019. Effect of reef morphology and depth on fish community and trophic structure in the northcentral Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 230(106423). doi: 10.1016/j.ecss.2019.106423.

Gattuso, J. P., Allemand, D., Frankignoulle, M. 1999. Photosynthesis and calcification at cellular, organismal and community levels in coral reefs: A review on interactions and control by carbonate chemistry. *Integrative and Comparative Biology* 39 (1): 160–183.

GBIF. 2023. Global Biodiversity Information Facility Home Page. Disponible en: <https://doi.org/10.15468/dl.g7dsuj>. Fecha de consulta: 24 de agosto de 2023.

Glazer, A.N. 1977. Structure and molecular organization of the photosynthetic accessory pigments of cyanobacteria and red algae. *Mol. Cell. Biochem.* 18: 125-140.

GloBI. 2023. Global Biotic Interactions. Disponible en: <https://www.globalbioticinteractions.org/> Fecha de consulta: 2 de agosto de 2023.

Glynn, P. W. 1988. Predation on coral reefs: some key process, concepts, and research directions. *Proc. 6th International Coral Reef Symposium*, 1, págs. 51-62.

Gobierno del Estado de Yucatán. 2022. *Puertos*. Obtenido de <https://www.yucatan.gob.mx/?p=puertos> Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2023.

González-Gándara, C., & Arias-González, J. E. 2004. Los pomacéntridos del arrecife de Alacranes, Yucatán, México: composición, distribución y abundancia. *Rev. Inves. Mar.* 25, 231-239.

González, J. 1987. Las algas de México. *Ciencias* 10: 16-25.

González-Rivero, M., Yakob, L., & Mumby, P. J. 2011. The role of sponge competition on coral reef alternative steady states. *Ecological Modelling*, 222(11), 1847–1853. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.03.020> Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.

Gore, R.H. 1992. *The Gulf of Mexico*. Pineapple Press, Inc. Sarasota Florida. 384 p.

Gray-DiLeone, A. M., & Ainsworth, C. H. 2019. Effects of *Karenia brevis* harmful algal blooms on fish community structure on the West Florida Shelf. *Ecol Modell*, 392, 250–267. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2018.11.022.

Grosberg, R.K. and D.R. Levitan, 1992. For adults only? Supply-side ecology and the history of larval biology. *Trends Ecol. Evol.* 7: 130 – 133.

Guiry, M.D. y G.M. Guiry. 2023. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponible en: <https://www.algaebase.org> Fecha de consulta: 3 de agosto de 2023.



- Haining, R. 2004. *Spatial Data Analysis: Theory and Practice*. Cambridge University Press.
- Hansen, L. J. 2003 Increasing the resistance and resilience of tropical marine ecosystems to climate change. En L. J. Hansen, J. L. Biringer, J. R. Hoffman, & (eds), *A user's manual for building resistance and resilience to climate change in Natural Systems*. 244 p (págs. 157-176).
- Harley, C. G., Randall-Hughes, A., & Hultgren, X. M. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol Lett*, 9, 228–241. doi:10.1111/j.1461-0248.2005. 00871.x.
- Hauer, T. y J. Komárek. 2022. CyanoDB 2.0 - On-line database of cyanobacterial genera. Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR. Disponible en: <http://www.cyanodb.cz> Fecha de consulta: 19 de agosto de 2023.
- Hawser, S.P., J.M. O'Neil, M.R. Roman y G.A. Codd. 1992. Toxicity of blooms of the cyanobacterium *Trichodesmium* to zooplankton. *Journal of Applied Phycology* 4: 79-86.
- Healthy Reefs Initiative. 2008. *Libreta de calificaciones correspondiente al Sistema Arrecifal Mesoamericano: Una Evaluación de la salud del ecosistema*. Obtenido de [www.healthyreefs.or](http://www.healthyreefs.or) Fecha de consulta: 19 de agosto de 2023.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J., & Worm, B. 2008. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends Ecol Evol.*, 23(4), 202-210.
- Hernández-Becerril, D.U. 2014. Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. *Rev. Mex. Biodiv.* 85: S44-S53.
- Hernández-Becerril, D.U., J.A. García-Reséndiz, D.A. Salasde-León, M.A. Monreal-Gómez, M. Signoret-Poillon y J. Aldeco-Ramírez. 2008. Nanoplankton fraction in phytoplankton structure from the southern Gulf of Mexico (April 2000). *Ciencias Marinas*. 34: 77-90.
- Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. F. 2010. The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528.
- Hoek, C. van den, D.G. Mann y H.M. Jahns. 1995. *Algae. An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hughes, T. P. et al. 2017. Coral reefs in the Anthropocene. *Nature*, 546(7656), 82-90.
- Hurtado, F. 2020. La Flota de Indias: la primera línea de comercio global. Geografía Infinita. Disponible en: <https://www.geografiainfinita.com/2020/05/la-flota-de-indias-la-primer-a-linea-de-comercio-global/> Fecha de consulta: 22 de agosto de 2023.
- Hutchings, P. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation* 7: 1133-1145.



Hutchings J. 2000. Collapse and recovery of marine fishes. *Nature* 406: 882-885.

Ilarri, M., Souza, A. T., Dias, E., & Antunes, C. 2022. Influence of climate change and extreme weather events on an estuarine fish community. *Sci Total Environ*, 827(154190). doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154190.

INAPESCA. 2014. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. Instituto Nacional de Pesca. México.

INEGI. 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Disponible en [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825198060.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198060.pdf) Fecha de Consulta: 07 de septiembre de 2023.

INEGI. 2011. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía Panorama sociodemográfico de Yucatán*. Obtenido de ISBN 978-607-494-196.

INEGI. 2015. *Catálogo del Territorio Insular Mexicano. Instituto Nacional de Estadística y Geografía*.

INEGI. 2017. *Anuario estadístico y geográfico de Yucatán 2017*. Obtenido de [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2023.

INEGI. 2019. Pesca y acuicultura: Censos Económicos 2019. Obtenido de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825198978.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198978.pdf) Fecha de consulta: 19 de agosto de 2023.

INEGI. 2019. Censos Económicos 2019. Instituto Nacional de Estadística y Geografía-Subsistema de Información Económica. Disponible en: [inegi.org.mx/programas/ce/2019](http://inegi.org.mx/programas/ce/2019) Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2023.

INEGI. 2021. *Panorama sociodemográfico de Yucatán Censo de Población y Vivienda 2020*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx> Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2023.

INEGI. 2022. *México en Cifras*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/default.aspx#collapse-Resumen> Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2023.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2022. *Índice de Desarrollo Humano 2015*. Obtenido de <http://www.snim.rami.gob.mx> Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2023.

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Nueva York, EUA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.



Isbele, G., Calmé, S., León-Cortés, J., & Schmook, B. (2015). *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula*. Springer International Publishing.

IUCN. 2019. *Informe anual de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Recuperado el October, 23 de 2022, de <https://www.iucnredlist.org>.

ITIS. 2022. On-line database. Integrated Taxonomic Information System. Disponible en: [www.itis.gov](http://www.itis.gov). Fecha de consulta: 3 de agosto de 2023.

Iverson, A. R., Benscoter, A. M., Fujisaki, I., Lamont, M. M., & Hart, K. M. 2020. Migration Corridors and Threats in the Gulf of Mexico and Florida Straits for Loggerhead Sea Turtles. *Front. Mar. Sci.*, 7(208). doi :10.3389/fmars.2020.00208.

Izzo, C., & Brew, E. B. 2013. Analysis of Body Shape for Differentiating among Species of Rajids. *Journal of Fish Biology*, 82(5), 1632–40. doi: <https://doi.org/10.1111/jfb.12092>.

Jackson, J. B. C., M.K. Donovan, K.L. Cramer, y V.V. Lam. 2014. Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network.

Jacquemont, J., Blasiak, R., Le Cam, C., Le Gouellec, M., y Claudet, J. 2022. Ocean conservation boosts climate change mitigation and adaptation. *One Earth* 5(10): 1126-1138.

Kalambio 2022a. Imágenes bentónicas a gran escala de los Bajos del Norte y el Parque Nacional Arrecife Alacranes en Oceana. 2022. Informe Ejecutivo de la Expedición Científica de Oceana en México: Proyecto Alacranes. Biodiversidad de los Ecosistemas en los Arrecifes Bajos del Norte y Arrecife Alacranes DOI. 10.5281/zenodo.6519230 Oceana 2022.

Kalambio 2022b: Proyecto Alacranes reporte final en Oceana. 2022. Informe Ejecutivo de la Expedición Científica de Oceana en México: Proyecto Alacranes. Biodiversidad de los Ecosistemas en los Arrecifes Bajos del Norte y Arrecife Alacranes DOI. 10.5281/zenodo.6519230 Oceana 2022.

Kooistra, W.H.C.F., R. Gersonde, L.K. Medlin y D.G. Mann. 2007. The origin and evolution of the diatoms: their adaptation to a planktonic existence. En: P. G. Falkowsky y A. H. Knoll (Eds.). *Evolution of primary producers in the sea*. Elsevier Academic Press. pp. 207-249.

Kayanne, H., Suzuki, A. y Saito, H. (1995). Diurnal changes in the partial pressure of carbon dioxide in coral reef water. *Science* 269: 214–216.

Krayesky, D.M., E. Meave, E. Zamudio, J.N. Norris y S. Fredericq. 2009. Diatoms (Bacillariophyta) of the Gulf of Mexico. En: D.L. Felder y D.K. Camp (Eds.). *Gulf of Mexico: its origins, waters and biota*. College Station, Texas A&M University Press. pp. 379-453.

Lachs, L., & Oñate-Casado, J. 2020. Fisheries and Tourism: Social, Economic, and Ecological Trade-offs in Coral Reef Systems. *YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future* (págs. 243-260). Springer International Publishing. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20389-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20389-4_13) Fecha de consulta: 12 de junio de 2023.





Lara-Lara, J. R., Arreola-Lizárraga, J. A., Calderón-Aguilera, L. E., Camacho-Ibar, V. F., de la Lanza-Espino, G., Escofet-Giansone, A., Zertuche-González, J. A. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En Conabio, *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (págs. 109-134). México.

Lara-Hernández, J.A., Zavala-Hidalgo, J., Sanvicente-Añorve, L. y Briones-Fourzán, P. 2019. Connectivity and larval dispersal pathways of *Panulirus argus* in the Gulf of Mexico: A numerical study. *Journal of Sea Research*, 155 (101814). Doi: 10.1016/j.seares.2019.101814 .

Le Quere, C. 2015 "Global carbon budget 2015", *Earth System Science Data*, vol. 7, núm. 2 (diciembre de 2015), págs. 349 a 396 (371).

Laguarda-Figueroa, A., A.I. Gutiérrez-Castro, F.A. Solís-Marín, A. Durán-González y J. Torres-Vega. 2005. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical* 53(3): 69-108.

Lee, R.E. 2008. Phycology. Cambridge University Press. USA.

León, D. y M.L. Núñez. 2017. Géneros de algas marinas tropicales de México: II. Algas pardas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

León, D., C. Candelaria, P. Hernández y H. León. 2017. Géneros de algas marinas tropicales de México. I. Algas verdes. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

León, D., N.A. López, M.E. Ponce, M.L. Núñez, C. Candelaria, A. Cruz y D. Rodríguez. 2019. Géneros de algas marinas tropicales de México. Algas rojas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Lhumeau, A. y Cordero, D. (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Quito, Ecuador. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2012-004.pdf>.

Licea, S., M.E. Zamudio, J.L. Moreno-Ruiz y R. Luna. 2011. A suggested local regions in the Southern Gulf of Mexico using a diatom database (1979-2002) and oceanic hydrographic features. *Journal of Environmental Biology* 32: 443-453.

Licea, S., M.E. Zamudio, R. Luna y J. Soto. 2004. Free-living dinoflagellates in the southern Gulf of Mexico: Report of data (1979-2002). *Phycological Research* 52: 419-428.

Llorente-Bousquets J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Comps.). *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 283-322.

Logan, B. W. 1969. Coral reefs y banks, Yucatan shelf Mexico (Yucatan Reef Unit). En: B. W. Logan, J. L. Harding, W. M. Ahr, J. D. Williams, and R.S. Snead (eds.), *Carbonate sediments and reefs, Yucatan shelf, Mexico*. Memoir 11. Tulsa, Okla.: American Association of Petroleum Geologist. 129–198 pp.



Lønborg, C., Calleja, M. L., Fabricius, K. E., et al. (2019). The Great Barrier Reef: A source of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. *Marine Chemistry* 210: 24–33.

Loya-Cancino, K.F.; Ángeles-González, L.E.; Yañez-Arenas, C.; Ibarra-Cerdeña, C.N.; Velázquez-Abunader, I.; Aguilar-Perera, A. y Vidal-Martínez, V.M. (2023). Predictions of current and potential global invasion risk in populations of lionfish (*Pterois volitans* and *Pterois miles*) under climate change scenarios. *Marine Biology* 170:27. doi:10.1007/s00227-023-04174-8.

Mabe, F. N., & Asase, A. 2020. Climate change adaptation strategies and fish catchability: The case of inland artisanal fishers along the Volta Basin in Ghana. *Fish Res*, 230(105675). doi: 10.1016/j.fishres.2020.105675.

Mariani G., Cheung W. W. L., Lyet A., Sala E., Mayorga J., Velez L., et al. (2020). Let More Big Fish Sink: Fisheries Prevent Blue Carbon Sequestration-Half in Unprofitable Areas. *Sci. Adv.* 6: 1–9. doi: 10.1126/sciadv.abb4848.

Mascareñas-Osorio, I., Aburto-Oropeza, O., González-Salas, C., León Denis, L., Hernández Villegas, H., Ruiz Zárate, M., Juárez Ramírez, M. 2019. Reporte de la Expedición Arrecife Alacranes y Bajos del Norte: Biodiversidad, Amenazas y Conservación.

Martínez-García, M. 2005. Caracterización de la microbiota asociada a la ascidia *Cystodes dellechiaiei* productora de compuestos con actividad antitumoral. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Departamento de Fisiología, Genética y Microbiología. Universidad de Alicante, España.

McMeans, B. C., Arts, M. T., & Fisk, A. T. 2015. Impacts of food web structure and feeding behavior on mercury exposure in Greenland Sharks (*Somniosus microcephalus*). *Sci Total Environ.*, 509-510, 216-225.

McField, M., & Richards, K. P. 2007. *Healthy reefs for healthy people: a guide to indicators of reef health and social well-being in the Mesoamerican reef region*.

McField, M., Kramer, P., Giró-Petersen, A., Soto, M., Drysdale, I., Craig, N., & Rueda-Flores, M. 2020. Reporte del Arrecife Mesoamericano. *Healthy Reefs for Healthy People Initiative*, 36. [https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2020/02/2020\\_Report\\_Card\\_MAR.pdf](https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2020/02/2020_Report_Card_MAR.pdf) Fecha de consulta: 12 de agosto de 2023.

Merino, M. 1992. *Afloramiento en la Plataforma de Yucatán: Estructura y Fertilización*. UNAM: Inst. Cienc. del Mar y Limn.

Méndez, D., Cuevas, E., Navarro, J., González-Garza, B., & Guzmán-Hernández, V. (2013). Rastreo satelital de las hembras de tortuga blanca *Chelonia mydas* y evaluación de sus ámbitos hogareños en la costa norte de la península de Yucatán, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(3), 497-509. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000300008>.

Mittermeier, R., Myers, N., & Robles Gil, P. 1999. *Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*.



Mourier, J., Maynard, J., Parravicini, V., Ballesta, L., Clua, E., Domelier, M. L., & Planes, S. 2016. Extreme Inverted Trophic Pyramid of Reef Sharks Supported by Spawning Groupers. *Current Biology*, 26(15), 2011-16. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.05.058> Fecha de consulta: 07 de agosto de 2023.

Moyle, P. B., & Cech, J. J. 2004. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. Pearson Prentice Hall. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=sZYWAQAAIAAJ> Fecha de consulta: 04 de agosto de 2023.

Munday, P. L., Jones, G. P., Pratchett, M. S., & Williams, A. J. 2008. Climate Change and the Future for Coral Reef Fishes. *Fish and Fisheries*, 9(3), 261-285. doi:10.1111/j.1467-2979.2008.00281.

Muñiz-Castillo, A.I. y Arias-González, J.E. 2021. Drivers of coral bleaching in a Marine Protected Area of the Southern Gulf of Mexico during the 2015 event. *Marine Pollution Bulletin* 166: 112256. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112256.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2023. The NASA Sea Level Projection Tool. Consultado el 2023 en página web: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>.

NOAA. 2022. How are Fisheries and Coral Reefs Connected? Disponible en: <https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/how-are-fisheries-and-coral-reefs-connected>.

Novelo, E. 2013. Diversidad de algas dulceacuólicas. Una riqueza y un potencial por descubrir. En: Cruz, A., E.D. Melgarejo, F. Camacho y K.C Nájera (Coords.). La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, Vol. II. México. pp. 97-102.

Núñez-Lara, E., & Arias-González, E. 1998. The Relationship between Reef Fish Community Structure and Environmental Variables in the Southern Mexican Caribbean. *Journal of Fish Biology*, 53, 209-21.

Nyström, M., Folke, C., & Moberg, F. 2000. Coral Reef Disturbance and Resilience in a Human-Dominated Environment. *Trends in Ecology and Evolution*, 15(10), 413-417. doi:10.1016/S01695347(00)01948-0.

OBIS. 2023. Ocean Biodiversity Information System. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Disponible en: [www.obis.org](http://www.obis.org) Fecha de consulta: 21 de agosto de 2023.

Oceana. 2021. Reporte general. Secciones Banco de Campeche, Sitios de conectividad y áreas potenciales a convertirse en áreas marinas protegidas en el Banco de Campeche y Aspectos Físico Bio-Pesqueros del Banco de Campeche. Reportes técnicos internos preparado por Vidal-Juárez T, Gallegos G., Medellín A., y Mercado A.

Oceana. 2022. Informe Ejecutivo de la Expedición Científica de Oceana en México: Proyecto Alacranes. Biodiversidad de los Ecosistemas en los Arrecifes Bajos del Norte y Arrecife Alacranes.

Oceanpanel. 2022. Transformaciones para una economía oceánica sostenible. Una visión para la protección, la producción y la prosperidad. 2020. 22pp. <https://oceanpanel.org/wp->



<content/uploads/2022/06/transformations-sustainable-ocean-economy-es.pdf> Fecha de consulta: 08 de julio de 2023.

O'Neill, B. C., Tebaldi, C., van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J. F., Lowe, J., Meehl, G. A., Moss, R., Riahi, K., & Sanderson, B. M. (2016). The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(9), 3461–3482. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>.

ONU, 2016a, Primera evaluación integrada del medio marino a escala mundial (Evaluación Mundial de los Océanos) Disponible en [http://www.un.org/depts/los/global\\_reporting/WOA\\_RegProcess.htm](http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm)

ONU, 2016b, La biodiversidad y los ecosistemas marinos mantienen la salud del planeta y sostienen el bienestar social. Disponible en <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-biodiversidad-y-los-ecosistemas-marinos-mantienen-la-salud-del-planeta-y-sostienen-el-bienestar> .

ONU. 2017. Los efectos del cambio climático y los cambios atmosféricos conexos en los océanos. Resumen técnico de la primera evaluación integrada del medio marino a escala mundial. Nueva York 15 p Disponible en: [https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/17-05753\\_s-impacts-of-climate-change\\_web.pdf](https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/17-05753_s-impacts-of-climate-change_web.pdf) Fecha de consulta 15 de septiembre de 2023.

Orellana, R. C., Espadas, C., Conde, C., & Gay, C. 2009. *Atlas de Escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán*. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán y Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Organización Mundial de la Salud. 2021, 30 de octubre. Cambio Climático y Salud. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> Fecha de consulta 20 de septiembre de 2023.

Organización Panamericana de la Salud. 2014. Cambio Climático y Salud. Disponible en <https://www.paho.org/es/temas/cambio-climatico-salud#:~:text=EFFECTOS%20DEL%20CAMBIO%20CLIM%C3%81TICO&text=INSEGURIDAD%20ALIMENTARIA%20Y%20DEL%20ABASTECIMIENTO,y%20mayor%20agotamiento%20por%20calor> Fecha de consulta 15 de septiembre de 2023.

Oostdijk, M., Elsler, L. G., Ramírez-Monsalve, P., Orach, K., y Wisz, M. S. 2022. Governing open ocean and fish carbon: perspectives and opportunities. *Frontiers in Marine Science* 9: 764609.

Ortegón-Aznar, I., González-Vásquez, D. J., Tuz-Sulub, A., & Aguilar-Perera, A. 2013. *Cambio de fase algal coral en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, México: una aproximación por grupos funcionales*.

Ortegón-Aznar, I. y H. León. 2022. Diversidad de macroalgas y cianoprocariontes marinos de la costa norte de la Península de Yucatán, México. *Hidrobiológica* 32(3): 309-317.

Osborne, E.; Hu, X.; Hall, E.R.; Yates, K.; Vreeland-Dawson, J.; Shamberger, K.; Barbero, L.; Hernandez-Ayon, J.M.; Gomez, F.A.; Hicks, T.; Xu, Y.; McCutcheon, M.R.; Acquafredda, M.; Chapa-Balcorta, C.; Norzagaray, O.; Pierrot, D.; Munoz-Caravaca, A.; Dobson, K.L.; Williams, N.; Rabalais, N. y Dash, P. (2022).



Ocean acidification in the Gulf of Mexico: Drivers, impacts, and unknowns. *Progress in Oceanography* 209: 102882. doi:10.1016/j.pocean.2022.102882.

Padilla-Souza, C. P., Alafita-Vásquez, H., & Andreu-Montalvo, E. 2009. *Factores de riesgo para los arrecifes coralinos y sus mecanismos de respuesta ante los efectos del cambio climático global. Cambio climático en México.*

Palomino-Álvarez, L. A., M. L. Nydam, R. M. Rocha y N. Simões. 2022. New Botrylloides, Botryllus, and Symplesma (Ascidiacea: Styelidae) in Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico and Mexican Caribbean Sea. *Diversity* 14: 977.

Palomino-Álvarez, L. A., R. Moreira y N. Simões. 2019. Checklist of ascidians (Chordata, Tunicata) from the southern Gulf of Mexico. *ZooKeys* 832: 1-33.

Paré, L., & Fraga, J. 1994. *LA COSTA DE YUCATÁN: DESARROLLO Y VULNERABILIDAD AMBIENTAL. Cuadernos de Investigación 23.* UNAM, Instituto de Investigaciones Sociales, Ciudad de México.

Paz-Ríos, C. E., Simões, N., & Ardisson, P. 2013. Records and observations of amphipods (Amphipoda: Gammaridea and Corophiidea) from fouling assemblages in the Alacranes Reef, southern Gulf of Mexico. *Marine Biodiversity Records.*

Pedroche, F. y A. Senties. 2020. Diversidad de macroalgas marinas en México. Una actualización florística y nomenclatural. *Cymbella* 6(1): 4-55.

Pedroza, C., & Salas, S. 2011. Responses of the fishing sector to transitional constraints: From reactive to proactive change, Yucatan fisheries in Mexico. *Marine Policy*, 35(1), 39-49. DOI: 10.1016/j.marpol.2010.08.001.

Pérez-España, H., Vargas-Hernández, J. M., Horta-Puga, G., Miranda-Zacarías, J., Vázquez-Machorro, A., Tello-Musi, J. L., Sánchez-Castro, J. L., & González-Baca, C. A. 2021. *Estado de salud de los arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.* <http://seareef.org/wp-content/uploads/2021/08/Report-Card-SOLO-Mapa.pdf> Fecha de consulta: 08 de julio de 2023.

Pérez-Mallaína-Bueno, P. E. 2023. Galeones hundidos: los tesoros de la Flota de Indias. National Geographic. Disponible en: < [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/galeones-hundidos-tesoros-flota-indias\\_19484](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/galeones-hundidos-tesoros-flota-indias_19484) Fecha de consulta: 14 de agosto de 2023.

Pérez-Morales, A., Aké-Castillo, J. A., & Poot-Delgado, C. A. 2020. *Investigaciones marinas en el golfo de México y mar Caribe mexicano.* Universidad de Colima.

Perryman, H. A., Tarnecki, J. H., & Grüss, A. 2020. A revised diet matrix to improve the parameterization of a West Florida Shelf Ecopath model for understanding harmful algal bloom impacts. *Ecol Modell*, 416(108890). doi: 10.1016/j.ecolmodel.2019.108890.

Peters, E., Zaragoza Álvarez, R., Herzka, S., & Helguera-García, J. 2021. *Introducción. Atlas de línea base ambiental del Golfo de México.* México: Consorcio de Investigación del Golfo de México.





Piñeiro, R; E. Giménez; V. Moreno; R. Burgos y A. Betanzos. 2001. Características térmicas del Banco de Campeche. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15.

Platt, T., & Sathyendranath, S. 1988. Oceanic primary production: Estimation by remote sensing at local and regional scales. *Science*, 1613– 1620. doi:10.1126/science.241.4873.1613.

Popper, Z. A., G. Michel, C. Herve, D.S. Domozych, W.G.T. Willats, M.G. Tuohy, B. Kloareg y D.B. Stengel. 2011. Evolution and diversity of plant cell walls: from algae to flowering plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 62: 567-590.

Putnam, H. M., Barott, K. L., Ainsworth, T. D., et al. (2017). The vulnerability and resilience of reef-building corals. *Current Biology* 27 (11): 528–540.

Quijano, D., Salas, S., Monroy-García, C., & Velázquez-Abunader, I. 2018. Factors contributing to technical efficiency in a mixed fishery: Implications in buyback programs. *Marine Policy*, 94, 61-70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.05.004>.

Raineault, N.A., and J. Flanders, eds. 2020. New frontiers in ocean exploration: The E/V Nautilus, NOAA Ship Okeanos Explorer, and R/V Falkor 2019 field season. *Oceanography* 33(1), supplement, 122 pp., <https://doi.org/10.5670/oceanog.2020.supplement.01>. Consultado el 12 de julio de 2023.

Ramos-Muñoz, D. E., & Espinoza-Tenorio, A. 2020. ¿Cooperar o no cooperar? Crónica del dilema por el espacio compartido del Golfo de México. *Cadernos De Estudos Sociais*, 35(2). doi: [https://doi.org/10.33148/CES25954091V35n2\(2020\)1955](https://doi.org/10.33148/CES25954091V35n2(2020)1955). Consultado el 13 de julio de 2023.

RAMSAR, 2008, Parque Nacional Arrecife Alacranes. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/rsis/1820>. Consultado el 14 de septiembre de 2023.

Randazzo-Eisemann, A. y Garza-Pérez, J. R. (2023). Alacranes reef: A refuge for structurally complex coral species from increasing stressors. *Ocean & Coastal Management* 244: 106817. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2023.106817.

Reaka-Kudla, M. L. 1997. "The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests," in *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*, eds M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson, and E. O. Wilson (Washington, DC: Joseph Henry Press), 83–108.

Reyes-Mendoza, O., Mariño-Tapia, I., Herrera-Silveira, J., Ruiz-Martínez, G., Enríquez, C., & Largier, J. L. 2016. The Effects of Wind on Upwelling off Cabo Catoche. *Journal of Coastal Research*, 32(3), 638-650.

Reyes-Bonilla, H., Fueyo-MacDonald, L., Abas, M., Vázquez-Vera, L., Aranceta Garza, F., Cruz Piñón, G., Marín Monroy, E. A., Martínez Castañeda, C., Morzaria Luna, H. N., Ojeda Ruiz de la Peña, M. Á., Petatán Ramírez, D., Vergara Solana, F. J., Calderón Alvarado, J. M., Anaya Reyna, G., Nah Orozco M. y Portilla, J. (2021). Cambio climático en México: Recomendaciones de política pública para la adaptación y resiliencia del sector pesquero y acuícola. *Environmental Defense Fund e Impacto Colectivo por la Pesca y Acuicultura Mexicanas*. México. 78 p. <https://www.icpmx.org/uploads/1/1/8/1/118130934/cambioclimaticoenmexico.pdf>.



Rice, W., & Kornicker, L. S. 1962. *Mollusks of Alacran Reef, Campeche Bank, Mexico*. Publications of the Institute of Marine Science, University of Texas.

Ríos-Lara, G. V., Bello-Pineda, C. E., Zetina-Moguel, C. E., Cervera-Cervera, K., & Arceo-Briseño, P. 2003. Estimación de densidad, abundancia y biomasa de la langosta espinosa *P. argus* en el Arrecife Alacranes en los años 1997-1999 con aplicación de sistemas de información geográfica. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 54, págs. 272-284.

Ríos-Lara, G. V., Espinoza-Mendez, J. C., Zetina-Moguel, C., Aguilar-Cardozo, C., & Ramírez-Estévez, A. 2013. *La pesquería de langosta *Panulirus argus* en el Golfo de México y mar Caribe mexicano*. México DF: Instituto Nacional de Pesca.

Ríos-Lara, G. V., Salas, S., Bello-Pineda, J., & Peniche-Ayora, I. 2007. Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacran Reef, Yucatán: Spatial analysis and inference of preferential habitat. *Fisheries Research*, 87(1), 35-45. doi: 10.1016/j.fishres.2007.06.021.

Ríos-Lara, G. V., Zetina-Moguel, C. E., Espinoza-Méndez, J. C., Cervera-Paul, E. D., Cervera-Cervera, K., Uribe-Cuevas, M., & De Anda-Fuentes, D. E. 2019. Evaluación de langosta (*Panulirus argus*), caracol rosado (*Lobatus gigas*) y pepino de mar (*Holothuria mexicana*), y riqueza específica de la comunidad de peces en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán. *Ciencia Pesquera*, 27(1), 15-26.

Ríos-Jara, E., C.M. Navarro-Caravantes, S. Sarmiento-Nafate, C.M. Galván-Villa y E. López-Urriarte. 2008. Bivalvos y gasterópodos (Mollusca) de importancia comercial y potencial de las costas de Chiapas y Oaxaca, México. *Ciencia y mar* 12(35): 3-20.

Risquez-Valdepeña, A. 2021. Los gusanos poliquetos. *Ciencia hoy*. INECOL. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1381-los-gusanos-poliquetos>. Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023.

Rivas, M. 2022. Bajos del norte: un paraíso desprotegido. Animal Político. Obtenido de <https://www.animalpolitico.com/atarraya/bajos-del-norte-un-paraiso-desprotegido/> Fecha de consulta: 07 de junio de 2023.

Rivera-Monroy, V. H., Farfán, L. M., Brito-Castillo, L., Cortes-Ramos, J., Gonzalez-Rodriguez, E., D'Sa, E., & Euán-Ávila, J. I. 2020. Tropical Cyclone Landfall Frequency and Large-Scale Environmental Impacts along Karstic Coastal Regions (Yucatan Peninsula, Mexico). *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 10(17), 5815. doi: <https://doi.org/10.3390/app10175815> Fecha de consulta: 04 de agosto de 2023.

Roberts, C. 2012. Marine ecology: reserves do have a key role in fisheries. *Current Biology* 22(11): R444-R446.

Roberts, C. M., O'Leary, B. C., McCauley, D. J., Cury, P. M., Duarte, C. M., Lubchenco, J., et al. 2017. Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(24): 6167-6175.



Robertson, D. R., Domínguez-Domínguez, O., Aroyo, Y. M., Mendoza, R. M., & Simões, N. 2019. Reef-associated fishes from the offshore reefs of western Campeche Bank, Mexico, with a discussion of mangroves and seagrass beds as nursery habitats. *ZooKeys*, 843, 71-115. doi: doi: 10.3897/zookeys.843.33873.

Robertson, D. R., E. A. Peña, J. M. Posada y R. Claro. 2023. Peces Costeros del Gran Caribe: sistema de Información en línea. Versión 3.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.

Roff, G., Doropoulos, C., Rogers, A., Boze, Y. M., Krueck, N. C., Aurellado, E., Mumby, P. J. 2016. The Ecological Role of Sharks on Coral Reefs. *Trends Ecol Evol*, 31, 395-407. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.014> .

Ruiz-Castillo, E. 2014. *Circulación en la plataforma continental de Yucatán*. CICESE.

Ruiz Zárate M.A., Hernández Arana H., y Nava Martínez G. G. 2009. Jardines submarinos. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Revista ¿Cómo ves? No. 132, p. 30.

Saba G. K., Burd A. B., Dunne J. P., Hernández-León S., Martin A. H., Rose K. A., et al. 2021. Toward a Better Understanding of Fish-Based Contribution to Ocean Carbon Flux. *Limnol. Oceanogr.* 66: 1639–1664. doi: 10.1002/lno.11709.

Sagarese, S. R., M.V. Laretta y J.F. Walter. 2017. Progress towards a Next-Generation Fisheries Ecosystem Model for the Northern Gulf of Mexico. *Ecological Modelling*. 345: 75-98.

Salazar-Vallejo, S.I. 2000. Contaminación marina: Métodos de evaluación biológica. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Chetumal, México: Fondo de publicaciones y ediciones. Gobierno de Quintana Roo.

Salas, S., Barragán-Paladines, M., Chuenpagdee, R., & eds. 2019. *Viability and Sustainability of Small-Scale Fisheries in Latin America and The Caribbean. (ser. MARE Publication Series), (Vol. 19)*. Springer International Publishing.

Salas, S., Bello-Pineda, J., Ríos-Lara, G. V., Cabrera-Vázquez, M. A., Rivas-Solís, R., & Santa Maria, A. 2005. *Programa maestro del sistema producto de la pesquería de Langosta en Yucatán*. Cinvestav-Conapesca.

Salas, S., Mexicano, G., & Cabrera, M. A. 2006. *¿Hacia dónde van las pesquerías en Yucatán? Tendencias. Retos y Perspectivas*. Mérida, Yucatán: Cinvestav.

Salas, S., Torres-Irriego, E., & Coronado, E. 2019b. Towards a métier-based assessment and management approach for mixed fisheries in Southeastern Mexico. *Marine Policy*, 103, 148-159. doi: 10.1016/j.marpol.2019.02.040.





- Salmerón-García, O., Zavala-Hidalgo, J., Mateos-Jasso, A., & Romero-Centeno, R. 2011. Regionalization of the Gulf of Mexico from space-time chlorophyll-a concentration variability. *Ocean Dynamics*, 61, 439-448.
- Santana, R. 2021. Graves amenazas acechan a los arrecifes de Bajos del Norte, en Yucatán: Oceana. En Revista Proceso. Obtenido de <https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2021/9/14/graves-amenazas-acechan-los-arrecifes-de-bajos-del-norte-en-yucatan-oceana-271978.html>.
- Sanvicente-Añorve, L., Solis-Weiss, V., Ortigosa, J., Hermoso-Salazar, M., & Lemus-Santana, E. 2012. Opisthobranch fauna from the National Park Arrecife Alacranes, southern Gulf of Mexico. *CBM-Cahiers de Biologie Marine*, 53(4), 447.
- Sarmiento J. L. y Gruber N. 2006. *Ocean Biogeochemical Dynamics*. Xiii (Princeton, Woodstock: Princeton University Press).
- Schofield, P. J. 2009. Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennet 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* Vol 4(3): 473-479. [http://www.aquaticinvasions.net/2009/AI\\_2009\\_4\\_3\\_Schofield.pdf](http://www.aquaticinvasions.net/2009/AI_2009_4_3_Schofield.pdf) Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2023.
- Schofield P, Benson A, Rose K. 2013. Nonindigenous Aquatic Species - Lionfish In Gulf of Mexico Data Atlas [Internet]. Stennis Space Center (MS): National Centers for Environmental Information; 2013. [1 screen].
- Schubert, H., M. Andersson y P. Snoeijis. 2006. Relationship between photosynthesis and non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in two red algae with different carotenoid compositions. *Mar. Biol.* 149: 1003-1013.
- Segura-Puertas, M.L. y R.E. Rodríguez-Martínez. 2007. Phylum Cnidaria. En: Fernández-Álamo M.A. y G. Rivas (Eds). *Niveles de organización en animales*. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Segura, V., Lutz, V. A., Dogliotti, A. I., Silva, R., Negri, R., Akselman, R., & et al. 2013. Phytoplankton Types and primary production in the Argentine Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 491, 15–31.
- Shenkar, N. y B. J. Swalla. 2011. Global diversity of Ascidiaceae. *PloS One* 6(6): 1-12.
- Sherman, C.S., Simpfendorfer, C.A., Pacoureaux, N. 2023. Half a century of rising extinction risk of coral reef sharks and rays. *Nat Commun* 14, 15 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35091-x> Fecha de consulta: 20 de junio de 2023.
- Shi, T., Zheng, X., Zhang, H., Wang, Q., y Zhong, X. (2021). Coral Reefs: Potential Blue Carbon Sinks for Climate Change Mitigation. *Bulletin of Chinese AcSciences* 36 (3): 5.



Shurin, J. B., Clasen, J. L., & Greig, H. S. 2012. Warming shifts top-down and bottom-up control of pond food web structure and function. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*, 367, 3008–3017. doi:10.1098/rstb.2012.0243.

Sibuet M. y K. Olu. 1998. Biogeography, biodiversity and fluid dependance of deep-sea cold-seep communities at active and passive margins. *Deep-Sea Research II* 45: 517-567.

Simoes, N., M. Mascaró, M. Jauregui, U. Ordóñez-López y P. Ardisson-Herrera. 2010. Capítulo 4. Especies, diversidad faunística. Crustáceos. En: R. Duran y M. Méndez (Eds.). Biodiversidad y desarrollo humano de Yucatán. CICY. PPD-FMAM. CONABIO. SEDUMA.

SNIARN. 2021. Riqueza de especies conocidas de invertebrados registradas en catálogos de Autoridades Taxonómicas, Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia\\_mce/html/01\\_ambiental/biodiversidad.html](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/01_ambiental/biodiversidad.html)  
Fecha de consulta: 15 de junio de 2023

Solís-Marín, F.A. y A. Laguarda-Figueras. 2010. A new species of starfish (Echinodermata: Asteroidea) from an anchialine cave in the Mexican Caribbean. *Rev. Mex. Biodiv.* 81: 663-668.

Solís-Marín, F., & Laguarda-Figueras, A. 2010. Capítulo 4. Especies, diversidad faunística, Equinodermos. En R. Duran, & M. (. Méndez, *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pág. 496 pp). CICY. PPD-FMAM. CONABIO. SEDUMA.

Solís-Marín, F.A., A. Laguarda-Figueras y M. Honey-Escandón. 2014. Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Rev. Mex. Biodiv.* 85: S441-S449.

Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Honey-Escandón, M. B., Luján, L. L., Zúñiga-Arellano, B., Ochoa, A. A., Chong, M. D. 2018. Equinodermos (Echinodermata) de México: Estado actual del conocimiento de su biodiversidad, biogeografía, estudios bioquímicos y nuevos descubrimientos arqueozoológicos. *Biología y Sociedad*, 1(2), 6-21.

Spiers, E. K., Stafford, R., Ramírez, M., Vera-Izurieta, D. F., Cornejo, M., & Chavarría, J. 2016. Potential role of predators on carbon dynamics of marine ecosystems as assessed by a Bayesian belief network. *Ecol Inform*, 36, 77-83.

Speight, M. R., & Henderson, P. A. 2013. *Marine Ecology: Concepts and Applications*. John Wiley & Sons.

Suazo-Ortuño, I., A. Ramírez-Bautista y J. Alvarado-Díaz. 2023. Amphibians and Reptiles of Mexico: Diversity and Conservation. En: R.W. Jones, C.P. Ornelas-García, R. Pineda-López y F. Álvarez. (Eds.) *Mexican Fauna in the Anthropocene*. Springer, Cham. pp: 105-128.

Sturm AB, Eckert RJ, Carreiro AM, Simões N y Voss JD. (2022). Depth- Dependent Genetic Structuring of a Depth-Generalist Coral and Its Symbiodiniaceae Algal Communities at Campeche Bank, Mexico. *Front. Mar. Sci.* 9:835789. doi: 10.3389/fmars.2022.835789.

Strahler, A., & Merali, Z. 2008. *Visualizing physical geography*. Wiley Visualizing y The National Geographic Society. Obtenido de <https://www.wiley.com/en->



[us/Visualizing+Physical+Geography%2C+2nd+Edition-p-9781118326978](https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8_37) Fecha de consulta: 07 de agosto de 2023.

Stephen S., Tremi E., y Shima, J. 2019. Review of Biophysical Models of Marine larval dispersal. 10.1201/9780429026379-7.

Taylor, M. A., & Alfaro, E. J. 2005. Climate of Central America and the Caribbean. En J. E. Oliver, *Encyclopedia of World Climatology* (págs. 183-188). Netherlands: Springer. Obtenido de [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/1-4020-3266-8\\_37](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/1-4020-3266-8_37).

Torruco-Gómez, D., & González-Solís, A. 2010. Capítulo 4. Especies, diversidad faunística, Estado actual de los corales. En R. Duran, & M. Méndez, *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pág. 496 pp). CICY. PPD-FMAM. CONABIO. SEDUMA.

Tovar-Hernández, María Ana, Salazar-Silva, Patricia, de León-González, J. Ángel, Carrera-Parra, Luis F., & Salazar-Vallejo, Sergio I. 2014. Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(Supl. ene), S190-S196. <https://doi.org/10.7550/rmb.32625> Fecha de consulta: 07 de agosto de 2023.

Tunnell Jr, J. W., Chávez, E. A., & Whitters, K. 2007. Coral reefs of the southern Gulf of Mexico Published by Texas A&M University Press, College Station. 194p. ISBN- 1585446173

Tuz-Sulub, A. (2007). *Agregaciones de Desove de Mero (Serranidae: Epinephelus sp. y Mycteroperca sp.) en Áreas del Banco de Campeche, Yucatán, México*. Cinvestav-Unidad Mérida.

Tuz-Sulub, A. 2007. *Agregaciones de Desove de Mero (Serranidae: Epinephelus sp. y Mycteroperca sp.) en Áreas del Banco de Campeche, Yucatán, México*. Cinvestav-Unidad Mérida.

Tuz-Sulub, A., Cervera-Cervera, K., Colás-Marrufo, T., & Brulé, T. 2003. Primeros Indicios Sobre La Formación de Agregaciones de Reproducción de Meros (Epinephelinae; Epinephelini) En El Banco de Campeche, México. 54th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, (págs. 652-67).

Tuz-Sulub, A., Cervera-Cervera, K., Espinoza-Méndez, J. C., & Brulé, T. 2004. Caracterización Preliminar de La Distribución Espacial de Varias Especies de Mero (Epinephelinae: Epinephelini) En Un Sitio de Desove En El Banco de Campeche, Yucatán, México. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 55.

Tuz-Sulub, A. y Brulé, T. 2015. Spawning aggregations of three protogynous groupers in the southern Gulf of Mexico. *Journal of Fish*, 86: 162-185.

Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar y J. Hošek (Eds.). 2022. The Reptile Database. Disponible en: <http://www.reptile-database.org>. Fecha de consulta: 5 de agosto de 2023.

United Nations, 2021. Mexico, partnership landscape assessment. 2030 Agenda.

United Nations, 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1.

Uribe, P., Moguel, S., Torre, J., Bourillon, L., & Sáenz-Arrollo, A. 2010. *Implementación de Reservas Marinas en México. Comunidad y Biodiversidad*. COBI.



Uribe-Martínez, A., M. A. Liceaga-Correa y E. Cuevas. 2021. Critical In-Water Habitats for Post-Nesting Sea Turtles from the Southern Gulf of Mexico. *Journal of Marine Science and Engineering* 9(8): 793.

U.S. Fish & Wildlife Service. 2015. General Facts about the Gulf of Mexico. Disponible en GulfBase.org <https://www.fws.gov/doiddata/dwh-ar-documents/1187/DWH-AR0005539.pdf> Fecha de consulta: 27 de agosto de 2023.

Vallarta-Zárate J. R. F., V. H. Martínez-Magaña, L. Huidobro-Campos, L. E. López-López, E. V. Pérez-Flores, D. del Campo-Hernández, L. Altamirano-López, J. D. Izabal-Martínez, O. E. Romero-Fernández, D. Hernández-Cruz. 2018. Informe Técnico: Región Plataforma Continental de Yucatán: Acústica Pesquera, Batimetría, Oceanografía y Biología. Campaña Golfo de México y Mar Caribe, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, Ciudad de México.

Vallès H., & H. Oxenford, 2014. Parrotfish size: a simple yet useful alternative indicator of fishing effects on caribbean reefs? PLoS ONE 9: e86291.

Valverde, R. A. y K. R. Holzworth. 2017. Sea Turtles of the Gulf of Mexico. En: C. H. Ward (Edit.). Habitats and Biota of the Gulf of Mexico: Before the Deepwater Horizon Oil Spill. Volume 2. New York, Springer. pp: 1189-1351.

Van der Laan, R., R. Fricke & W. N. Eschmeyer (Eds). 2023. Eschmeyer's Catalog of Fishes: classification. Disponible en: <https://www.calacademy.org/scientists/projects/eschmeyers-catalog-of-fishes> Fecha de consulta: 24 de agosto de 2023.

Van Woesik, R. y C.J. Ryall. 2017. Coral disease hotspots in the Caribbean. *Ecosphere*, 8 (5), e01814.

Vidal-Juárez T, Gallegos G., Medellín A., y Mercado A. 2021. Reporte general de sitios de conectividad y áreas potenciales a convertirse en áreas marinas protegidas en el Banco de Campeche. Aspectos Físico Bio-Pesqueros del Banco de Campeche. Reporte técnico preparado para Oceana.

Vokes, H. E., & Vokes, E. H. 1983. *Distribution of shallow-water marine mollusca, Yucatan Peninsula, Mexico* (Vol. 65).

Wainwright, P. C., & Richard, B. A. 1995. Predicting Patterns of Prey Use from Morphology of Fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 44(1-3), 97-113.

Wallace, B., DiMatteo, A., Hurley, B., Finkbeiner, E., Bolten, A., Chaloupka, M., Mast, R. 2010. Regional Management Units for Marine Turtles: A Novel Framework for Prioritizing Conservation and Research across Multiple Scales. PloS one, e15465. doi: 10.1371/journal.pone.0015465 .

Ware, J. R., Smith, S. V. y Reaka-Kudla, M. L. Coral reefs: Sources or sinks of atmospheric CO<sub>2</sub>?. *Coral Reefs* 1992: 11 (3): 127-130.

Ward-Paige, C. A. 2017. A global overview of shark sanctuary regulations and their impact on shark fisheries. *Mar Policy*, 82, 87-97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.004>.





Wilson R. W., Millero F. J., Taylor J. R., Walsh P. J., Christenssen V., Jennings S., et al. 2009. Contribution of Fish to the Marine Inorganic Carbon Cycle. *Science* 323: 359–362. doi: 10.1126/science.1157972.

Wimart-Rousseau, C., Lajaunie-Salla, K., Marrec, P., et al. 2020. Temporal variability of the carbonate system and air-sea CO<sub>2</sub> exchanges in a Mediterranean human-impacted coastal site. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 236: 106641.

Witherington, B., S. Hiram y R. Hardy, R. 2012. Young sea turtles of the pelagic Sargassum-dominated drift community: habitat use, population density, and threats. *Marine Ecology Progress Series* 463: 1-22.

WoRMS. 2023. World Register of Marine Species. Editorial Board. Disponible en: <https://www.marinespecies.org> Fecha de consulta: 5 de agosto de 2023.

Yan, H. Q., Yu, K. F., Shi, Q., et al. (2018). Air-sea CO<sub>2</sub> fluxes and spatial distribution of seawater pCO<sub>2</sub> in Yongle Atoll, northern-central South China Sea. *Continental Shelf Research* 165: 71–77.

Zárate-Ortiz, A. de I. Soluciones biotecnológicas: animales invertebrados salvando nuestros días. *Herreriana* 3(1): 33-37.

Zhi-Qiang, Z. 2011. Animal biodiversity: an introduction to higher-level classification and taxonomic richness. *Zootaxa*, 3148, 7-12.

Ziadi-Künzli, F., Soliman, T., Imai, H., Sakurai, M., Maeda, K., & Tachihara, K. 2020. Re-evaluation of deep-sea dogfishes (genus *Squalus*) in Japan using phylogenetic inference. *Deep Sea Res Part I Oceanogr Res Pap*, 160, 103261. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103261> Fecha de consulta: 12 de julio de 2023.



## VI. ANEXOS

### ANEXO 1. LISTA DE COORDENADAS

#### Polígono general Superficie 1,304,114-89.16 hectáreas

Vértice No.-	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	334,208.470113	2,633,227.635130
2	389,645.048655	2,576,622.563990
3	377,205.740505	2,566,025.145650
4	244,233.683985	2,453,066.233290
5	240,198.702178	2,457,986.613770
6	244,991.455117	2,461,599.885020
7	250,328.355104	2,471,022.936070
8	252,853.356411	2,482,122.964690
9	252,341.460548	2,492,994.804890
10	248,163.464424	2,503,218.926880

Vértice No.-	Coordenadas UTM	
	X	Y
11	242,545.207417	2,512,330.407870
12	234,376.931750	2,518,842.092250
13	225,031.429870	2,523,010.047010
14	220,650.981043	2,523,828.879750
15	210,231.027365	2,522,238.744200
16	201,696.493405	2,516,492.633790
17	197,775.695675	2,511,945.622900
18	192,697.930679	2,516,885.515240
19	322,696.163384	2,623,776.917530
1	334,208.470113	2,633,227.635130

#### Zona Núcleo Superficie 344,467-33-31.97 hectáreas

Vértice No.-	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	317,106.067106	2,601,827.434250
2	321,097.560804	2,601,607.030460
3	325,033.510450	2,600,907.816330
4	328,856.689497	2,599,739.954180
5	332,511.512754	2,598,120.427480
6	335,944.840925	2,596,072.780660
7	339,106.756475	2,593,626.786030
8	341,951.287672	2,590,818.006560
9	344,437.076078	2,587,687.278880
10	346,527.982313	2,584,280.123010
11	348,193.602854	2,580,646.074550
12	349,409.724176	2,576,837.971520
13	350,158.662489	2,572,911.180050

Vértice No.-	Coordenadas UTM	
	X	Y
14	350,429.529898	2,568,922.793090
15	350,218.388338	2,564,930.798720
16	349,528.306234	2,560,993.237730
17	348,369.319441	2,557,167.358800
18	346,758.275171	2,553,508.788530
19	344,718.600260	2,550,070.718440
20	342,279.947912	2,546,903.136620
21	339,477.775293	2,544,052.096760
22	336,352.823931	2,541,559.050660
23	332,950.527483	2,539,460.246560
24	329,320.354105	2,537,786.197200
25	325,515.082327	2,536,561.245490
26	321,590.039206	2,535,803.197820



Vértice	Coordenadas UTM	
No.-	X	Y
27	317,602.291380	2,535,523.077980
28	317,294.621725	2,535,521.488310
29	313,304.193712	2,535,760.411530
30	309,371.531046	2,536,477.882180
31	305,553.812063	2,537,663.471320
32	301,906.543280	2,539,299.940110
33	298,482.753160	2,541,363.495550
34	295,332.221830	2,543,824.136140
35	292,500.753996	2,546,646.084040
36	290,029.519888	2,549,788.312860
37	287,954.446466	2,553,205.134490
38	286,305.705858	2,556,846.872300
39	285,107.268438	2,560,660.577510
40	284,376.558516	2,564,590.801790

Vértice	Coordenadas UTM	
No.-	X	Y
41	284,124.201399	2,568,580.402730
42	284,353.863581	2,572,571.374450
43	285,062.209768	2,576,505.690870
44	286,238.937361	2,580,326.150520
45	287,866.940058	2,583,977.206130
46	289,922.546740	2,587,405.774470
47	292,375.870424	2,590,562.006830
48	295,191.242613	2,593,400.013040
49	298,327.728117	2,595,878.532500
50	301,739.727060	2,597,961.526320
51	305,377.629442	2,599,618.712480
52	309,188.544020	2,600,825.994530
53	313,117.062452	2,601,565.820590
1	317,106.067106	2,601,827.434250

**Zona de Amortiguamiento**  
**Superficie 959,647-55-84.03 hectáreas**

La zona de amortiguamiento corresponde al polígono general, de la que se excluyen la zonas núcleo.



## **ANEXO 2. LISTA DE ESPECIES PRESENTES EN LA PROPUESTA DE PN BAJOS DEL NORTE**

En la lista se integran taxones aceptados y válidos conforme a los sistemas de clasificación y catálogos de autoridades taxonómicas correspondientes a cada grupo taxonómico. La revisión de la nomenclatura, de la distribución geográfica, así como de la información asociada al taxón se realizó con los siguientes referentes de información especializada: CyanoDB (Hauer y Komárek, 2022), AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2023), World Register of Marine Species (WoRMS, 2023), Eschmeyer's Catalogo of Fishes (Fricke *et al.*, 2023; Van der Laan *et al.*, 2023); FishBase (Froese y Pauly, 2022), The Reptile Database (Uetz, 2022), Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2023), Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2022), Portal de Datos Abiertos UNAM-Colecciones Universitarias (DGRU, 2023), Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO, 2023a), Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México (CONABIO, 2023b), Especies Exóticas Invasoras (CONABIO, 2023c).

Las categorías de riesgo se presentan conforme a la Modificación del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 con las siguientes abreviaturas: A: Amenazada; Pr: Sujeta a protección especial; P: En peligro de extinción y E: Probablemente extinta en el medio silvestre.

Se indican con un triángulo (▲) las especies prioritarias conforme al Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación, publicado en el DOF el 5 de marzo de 2014.

Se señalan con dos asteriscos (\*\*) las especies exóticas y con tres asteriscos (\*\*\*) las especies exóticas-invasoras.



*PROCARIOTES*

*Algas verde azules (División Cyanobacteria)*

*Clase Cyanophyceae*

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena oscillarioides</i>

*PROTOCTISTAS*

*Algas verdes (División Chlorophyta)*

*Clase Ulvophyceae*

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Bryopsidales	Caulerpáceae	<i>Caulerpa racemosa</i>

*Algas rojas (División Rhodophyta)*

*Clase Florideophyceae*

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Ceramiales	Callithamniaceae	<i>Callithamnion corymbosum</i>
Gigartinales	Cystocloniaceae	<i>Cystoclonium purpureum</i>

*Algas pardas (División Ochrophyta)*

*Clase Phaeophyceae*

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Lobophora variegata</i>



Orden	Familia	Especie o infraespecie
Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Padina boergesenii</i>
Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Styopodium zonale</i>
Ectocarpales	Scytosiphonaceae	<i>Petalonia fascia</i>
Ectocarpales	Scytosiphonaceae	<i>Scytosiphon lomentaria</i>

### Diatomeas (División Bacillariophyta)

#### Clase Bacillariophyceae

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Psammodictyon panduriforme</i>
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Tryblionella apiculata</i>

#### Clase Coscinodiscophyceae

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros atlanticus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros coarctatus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros compressus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros danicus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros decipiens</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros diversus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros pelagicus</i>



Orden	Familia	Especie o infraespecie
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros socialis</i>
Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus wailesii</i> **
Cymatosirales	Cymatosiraceae	<i>Cymatosira lorenziana</i>
Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Eucampia zodiacus</i>
Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus hauckii</i>
Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus membranaceus</i>
Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>
Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia flaccida</i>
Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>
Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia imbricata</i>
Thalassiosirales	Skeletonemataceae	<i>Detonula pumila</i>
Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira eccentrica</i>
Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira oceanica</i>
Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira partheneia</i>

### Clase Fragilariophyceae

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>
Rhaphoneidales	Rhaphoneidaceae	<i>Delphineis surirella</i>
Rhaphoneidales	Rhaphoneidaceae	<i>Neodelphineis silenda</i>
Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema bacillare</i>
Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i>



**Dinoflagelados (División Dinophyta)**
**Clase Dinophyceae**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie o infraespecie</b>
Dinophysiales	Amphisoleniaceae	<i>Amphisolenia bifurcata</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis acuta**</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis exigua</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis laevis</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis parvula</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis schuettii</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Histioneis crateriformis**</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Ornithocercus magnificus</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Ornithocercus splendidus</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Ornithocercus steinii</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Ornithocercus thumii</i>
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Phalacroma mitra**</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos azoricus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos belone</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos brevis</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos candelabrum</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos contortus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos euarquatus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos extensus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos falcatus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos furca**</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos fusus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos gibberus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos horridus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripos kofoidii</i>



Orden	Familia	Especie o infraespecie
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes lineatus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes longissimus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes macroceros</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes massiliensis</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes muelleri**</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes pentagonus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes praelongus</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes ranipes</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes teres</i>
Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Tripes trichoceros</i>
Gonyaulacales	Cladopyxidaceae	<i>Cladopyxis hemibrachiata</i>
Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax birostris</i>
Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax polygramma</i>
Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>
Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Lingulodinium polyedra**</i>
Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Protoceratium spinulosum</i>
Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Amphidinium extensum</i>
Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Amphidinium schroederi</i>
Gymnodiniales	Kareniaceae	<i>Karenia brevis**</i>
Gymnodiniales	Ptychodiscaceae	<i>Balechina coerulea</i>
Peridiniales	Heterocapsaceae	<i>Heterocapsa rotundata**</i>
Peridiniales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum laticeps</i>
Peridiniales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum parvum</i>
Peridiniales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum sceptrum</i>
Peridiniales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum scolopax</i>
Peridiniales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum turbo</i>
Peridiniales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum variable</i>
Peridiniales	Podolampaceae	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>



Orden	Familia	Especie o infraespecie
Peridinales	Podolampaceae	<i>Podolampas bipes</i>
Peridinales	Podolampaceae	<i>Podolampas elegans</i>
Peridinales	Podolampaceae	<i>Podolampas palmipes</i>
Peridinales	Podolampaceae	<i>Podolampas reticulata</i>
Peridinales	Podolampaceae	<i>Podolampas spinifera</i>
Peridinales	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridinium conicum</i>
Peridinales	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridinium divergens</i>
Peridinales	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridinium grande</i>
Peridinales	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridinium oblongum</i>
Peridinales	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridinium oceanicum</i>
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum aporum</i>
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum balticum</i>
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum compressum</i>
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum gracile</i>
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum mexicanum</i>
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>
Suessiales	Suessiaceae	<i>Protodinium simplex</i>

### Haptofitas (División Haptophyta)

#### Clase Coccolitophyceae

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Isochrysidales	Noëlaerhabdaceae	<i>Emiliana huxleyi</i>



**FAUNA**
**Invertebrados**
**Esponjas (Phylum Porifera)**

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Agelasida	Agelasidae	<i>Agelas clathrodes</i>	demosponja
Agelasida	Agelasidae	<i>Agelas schmidtii</i>	demosponja
Agelasida	Agelasidae	<i>Agelas tubulata</i>	esponja
Agelasida	Agelasidae	<i>Agelas wiedenmayeri</i>	esponja
Astrophorida	Ancorinidae	<i>Penares mastoideus</i>	demosponja
Astrophorida	Geodiidae	<i>Erylus formosus</i>	demosponja
Chondrosida	Chondrillidae	<i>Chondrilla caribensis</i>	demosponja
Chondrosida	Chondrillidae	<i>Chondrilla nucula</i>	demosponja
Clionaida	Spirastrellidae	<i>Spirastrella coccinea</i>	demosponja
Dictyoceratida	Irciniidae	<i>Ircinia campana</i>	demosponja, esponja campana
Dictyoceratida	Irciniidae	<i>Ircinia strobilina</i>	demosponja
Hadromerida	Clionaidae	<i>Cliona celata</i>	demosponja
Hadromerida	Placospongiidae	<i>Placospongia carinata</i>	demosponja
Hadromerida	Suberitidae	<i>Aaptos aaptos</i>	demosponja
Hadromerida	Suberitidae	<i>Suberites domuncula</i>	demosponja
Halichondrida	Axinellidae	<i>Axinella polycapella</i>	demosponja
Halichondrida	Dictyonellidae	<i>Scopalina ruetzleri</i>	demosponja
Halisarcida	Halisarcidae	<i>Halisarca caerulea</i>	demosponja
Haplosclerida	Callyspongiidae	<i>Callyspongia aculeata</i>	esponja
Haplosclerida	Niphatidae	<i>Amphimedon compressa</i>	demosponja
Haplosclerida	Niphatidae	<i>Niphates erecta</i>	demosponja
Haplosclerida	Petrosiidae	<i>Xestospongia muta</i>	demosponja, esponja gigante de barril
Poecilosclerida	Crambeidae	<i>Monanchora arbuscula</i>	demosponja
Poecilosclerida	Lotrochotidae	<i>Lotrochota birotulata</i>	demosponja
Poecilosclerida	Microcionidae	<i>Clathria spinosa</i>	demosponja



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Poecilosclerida	Mycalidae	<i>Mycale laxissima</i>	demosponja
Poecilosclerida	Raspailiidae	<i>Ectyoplasia ferox</i>	demosponja
Scopalinida	Scopalinidae	<i>Svenzea cristinae</i>	esponja
Tetractinellida	Geodiidae	<i>Geodia tylastra</i>	esponja
Tetractinellida	Siphonidiidae	<i>Gastrophanella implexa</i>	demosponja
Tetractinellida	Tetillidae	<i>Cinachyrella alloclada</i>	demosponja
Verongiida	Aplysinidae	<i>Aiolochoxia crassa</i>	demosponja
Verongiida	Aplysinidae	<i>Aplysina cauliformis</i>	demosponja
Verongiida	Aplysinidae	<i>Aplysina fistularis</i>	demosponja
Verongiida	Aplysinidae	<i>Aplysina fulva</i>	demosponja
Verongiida	Aplysinidae	<i>Verongula gigantea</i>	demosponja
Verongiida	Aplysinellidae	<i>Suberea flavolivescens</i>	esponja

### Cnidarios (Phylum Cnidaria)

Corales y anémonas (Clase Anthozoa)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Actiniaria	Actiniidae	<i>Condylactis gigantea</i>	anémona gigante del Caribe	
Actiniaria	Aliciidae	<i>Lebrunia neglecta</i>	coral	
Alcyonacea	Anthothelidae	<i>Erythropodium caribaeorum</i>	coral blando	
Alcyonacea	Briareidae	<i>Briareum asbestinum</i>	coral blando	
Alcyonacea	Gorgoniidae	<i>Antillogorgia americana</i>	coral blando	
Alcyonacea	Gorgoniidae	<i>Gorgonia flabellum</i>	abanico de venus	
Alcyonacea	Gorgoniidae	<i>Gorgonia mariae</i>	abanico de mar	
Alcyonacea	Gorgoniidae	<i>Gorgonia ventalina</i>	abanico de mar	
Alcyonacea	Plexauridae	<i>Plexaura flexuosa</i>	coral blando	
Alcyonacea	Plexauridae	<i>Plexaura homomalla</i>	coral blando, abanico de mar	Pr
Alcyonacea	Plexauridae	<i>Pseudoplexaura porosa</i>	coral blando	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Antipatharia	Myriopathidae	<i>Plumapathes pennacea</i>	coral negro	A
Scleractinia	Acroporidae	<i>Acropora cervicornis</i> ▲	cuerno de ciervo	Pr
Scleractinia	Acroporidae	<i>Acropora palmata</i> ▲	cuerno de alce	Pr
Scleractinia	Acroporidae	<i>Acropora prolifera</i>	coral astas de ciervo fusionadas	
Scleractinia	Agariciidae	<i>Agaricia agaricites</i>	coral lechuga	
Scleractinia	Agariciidae	<i>Agaricia fragilis</i>	coral de plato	
Scleractinia	Agariciidae	<i>Agaricia humilis</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Agariciidae	<i>Agaricia lamarcki</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Agariciidae	<i>Helioseris cucullata</i>	coral lechuga de disco	
Scleractinia	Astrocoeniidae	<i>Stephanocoenia intersepta</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Caryophylliidae	<i>Anomocora fecunda</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Caryophylliidae	<i>Caryophyllia berteriana</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Caryophylliidae	<i>Paracyathus pulchellus</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Caryophylliidae	<i>Thalamophyllia riisei</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Faviidae	<i>Manicina areolata</i>	coral rosal	
Scleractinia	Incertae sedis	<i>Cladocora arbuscula</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Meandrinidae	<i>Dichocoenia stokesii</i>	coral piña	
Scleractinia	Meandrinidae	<i>Eusmilia fastigiata</i>	coral flor suave	
Scleractinia	Meandrinidae	<i>Meandrina meandrites</i>	coral laberinto	
Scleractinia	Merulinidae	<i>Orbicella annularis</i>	coral de estrellas rocoso o masivo	A
Scleractinia	Merulinidae	<i>Orbicella faveolata</i>	coral estrella montaña o masivo	A
Scleractinia	Merulinidae	<i>Orbicella franksi</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Montastraeidae	<i>Montastrea cavernosa</i>	gran coral de estrellas	
Scleractinia	Mussidae	<i>Colpophyllia natans</i>	coral cerebro de valles amplios	
Scleractinia	Mussidae	<i>Diploria labyrinthiformis</i>	coral cerebro estriado	
Scleractinia	Mussidae	<i>Favia fragum</i>	coral	
Scleractinia	Mussidae	<i>Isophyllia sinuosa</i>	coral	
Scleractinia	Mussidae	<i>Mussa angulosa</i>	coral verdadero	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Scleractinia	Mussidae	<i>Mycetophyllia aliciae</i>	coral cacto	
Scleractinia	Mussidae	<i>Mycetophyllia ferox</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Mussidae	<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Mussidae	<i>Pseudodiploria clivosa</i>	coral cerebro nudoso	
Scleractinia	Mussidae	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	coral cerebro	
Scleractinia	Mussidae	<i>Scolymia cubensis</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Mussidae	<i>Scolymia lacera</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Oculinidae	<i>Oculina diffusa</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Pocilloporidae	<i>Madracis auretenra</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Pocilloporidae	<i>Madracis decactis</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Pocilloporidae	<i>Madracis formosa</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Pocilloporidae	<i>Madracis myriaster</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Poritidae	<i>Porites astreoides</i>	coral mostaza	
Scleractinia	Poritidae	<i>Porites divaricata</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Poritidae	<i>Porites furcata</i>	coral de dedos	
Scleractinia	Poritidae	<i>Porites porites</i>	coral verdadero	
Scleractinia	Siderastreidae	<i>Siderastrea radians</i>	coral estrella menor	
Scleractinia	Siderastreidae	<i>Siderastrea siderea</i>	coral estrella masiva	
Zoantharia	Parazoanthidae	<i>Umimayanthus parasiticus</i>		
Zoantharia	Sphenopidae	<i>Palythoa caribaeorum</i>	anémona dorada caribeña	

Hidroideos e hidromedusas (Clase Hydrozoa)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Calycophorae	Abylidae	<i>Abylopsis tetragona</i>	
Calycophorae	Abylidae	<i>Bassia bassensis</i>	
Calycophorae	Diphyidae	<i>Chelophyes appendiculata</i>	
Calycophorae	Diphyidae	<i>Diphyes bojani</i>	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Calycophorae	Diphyidae	<i>Diphyes dispar</i>	
Calycophorae	Diphyidae	<i>Eudoxoides mitra</i>	
Calycophorae	Diphyidae	<i>Eudoxoides spiralis</i>	
Calycophorae	Diphyidae	<i>Muggiaea kochi</i>	
Calycophorae	Diphyidae	<i>Sulculeolaria biloba</i>	
Calycophorae	Prayidae	<i>Praya dubia</i>	
Capitata	Milleporidae	<i>Millepora alcicornis</i>	coral de fuego
Capitata	Milleporidae	<i>Millepora complanata</i>	coral de fuego
Capitata	Pennariidae	<i>Pennaria disticha</i>	
Leptothecata	Halopterididae	<i>Antennella secundaria</i>	
Physonectae	Agalmatidae	<i>Agalma elegans</i>	
Physonectae	Agalmatidae	<i>Nanomia bijuga</i>	
Siphonophorae	Abylidae	<i>Abylopsis eschscholtzii</i>	
Siphonophorae	Abylidae	<i>Ceratocymba leuckartii</i>	
Statocysta	Aequoreidae	<i>Aequorea macrodactyla</i>	
Statocysta	Obeliidae	<i>Obelia dichotoma</i>	hidroide hilo de mar
Trachymedusae	Geryoniidae	<i>Liriope tetraphylla</i>	hidromedusa
Trachymedusae	Rhopalonematidae	<i>Aglaura hemistoma</i>	hidromedusa

Medusas (Clase Scyphozoa)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Coronatae	Periphyllidae	<i>Periphylla periphylla</i>	medusa corona



**Moluscos (Phylum Mollusca)**

Caracoles y babosas (Clase Gastropoda)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Cephalaspidea	Haminoeidae	<i>Atya sharpi</i>	caracol
Cephalaspidea	Scaphandridae	<i>Scaphander watsoni</i>	caracol
Lepetellida	Fissurellidae	<i>Diodora minuta</i>	lapa
Littorinimorpha	Cypraeidae	<i>Naria acicularis</i>	caracol
Littorinimorpha	Rissoinidae	<i>Zebinella decussata</i>	caracol
Neogastropoda	Columbellidae	<i>Columbellopsis nycteis</i>	caracol paloma
Neogastropoda	Conidae	<i>Conus anabathrum</i>	caracol cono
Neogastropoda	Drilliidae	<i>Neodrillia albicoma</i>	caracol
Neogastropoda	Fasciariidae	<i>Fusinus aepynotus</i>	caracol
Neogastropoda	Fasciariidae	<i>Fusinus excavatus</i>	caracol
Neogastropoda	Fasciariidae	<i>Hemipolygona carinifera</i>	caraco
Neogastropoda	Fasciariidae	<i>Leucozonia nassa</i>	cofre
Neogastropoda	Marginellidae	<i>Prunum rostratum</i>	caracol
Neogastropoda	Muricidae	<i>Claremontiella nodulosa</i>	caracol
Neogastropoda	Muricidae	<i>Vasula deltoidea</i>	caracol
Neogastropoda	Nassariidae	<i>Antillophos candeanus</i>	caracol
Neogastropoda	Olividae	<i>Olivella fuscocincta</i>	caracol
Neogastropoda	Olividae	<i>Olivella rotunda</i>	caracol
Neogastropoda	Pisaniidae	<i>Engina turbinella</i>	caracol
No Asignado	Cerithiidae	<i>Cerithium eburneum</i>	marfil
No Asignado	Cerithiidae	<i>Cerithium litteratum</i>	caracol cerith rechoncho
No asignado	Eoacmaeidae	<i>Eoacmaea pustulata</i>	lapa
No Asignado	Ovulidae	<i>Cymbovula acicularis</i>	caracol de coral



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
No Asignado	Ovulidae	<i>Cyphoma gibbosum</i>	caracol lengua de flamenco
No Asignado	Plakobranchidae	<i>Elysia crispata</i>	babosa lechuga de mar
No Asignado	Rissoidae	<i>Rissoina decussata</i>	caracol
No Asignado	Triphoridae	<i>Monophorus olivaceus</i>	concha
No Asignado	Turritellidae	<i>Vermicularia lumbricalis</i>	
No Asignado	Vermetidae	<i>Petalconchus erectus</i>	caracol lombriz
Nudibranchia	Chromodorididae	<i>Felimare bayeri</i>	nudibranquio de Bayer
Trochida	Areneidae	<i>Arene tricarinata</i>	caracol
Trochida	Areneidae	<i>Arene variabilis</i>	caracol
Trochida	Turbinidae	<i>Lithopoma americanum</i>	trompito
Trochida	Turbinidae	<i>Lithopoma tectum</i>	trompito

Almejas, ostras y mejillones (Clase Bivalvia)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Arcida	Limopsidae	<i>Limopsis minuta</i>	almeja de arca
Arcida	Noetiidae	<i>Arcopsis adamsi</i>	almeja de arca
Carditida	Astartidae	<i>Astarte smithii</i>	almeja venus
Gastrochaenida	Gastrochaenidae	<i>Lamychaena hians</i>	almeja de dientes
Limida	Limidae	<i>Lima caribaea</i>	almeja de lima
Limida	Limidae	<i>Limaria pellucida</i>	almeja de lima
Pectinida	Pectinidae	<i>Antilipecten antillarum</i>	concha
Pectinida	Pectinidae	<i>Cryptopecten phrygium</i>	escalopa
Pectinida	Propeamussiidae	<i>Cyclopecten thalassinus</i>	concha
Pectinida	Spondylidae	<i>Spondylus tenuis</i>	ostra espinosa
Pholadomyida	Poromyidae	<i>Poromya granulata</i>	concha
Pholadomyida	Verticordiidae	<i>Haliris fischeriana</i>	concha



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Venerida	Cardiidae	<i>Laevicardium mortoni</i>	almeja berberecho
Venerida	Semelidae	<i>Abra aequalis</i>	concha
Venerida	Semelidae	<i>Abra lioica</i>	concha
Venerida	Veneridae	<i>Mercenaria campechiensis</i>	almeja bola

Pulpos y calamares (Clase Cephalopoda)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus maya</i>	pulpo rojo
Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	pulpo de roca del Atlántico
Sepiolida	Sepiolidae	<i>Semirossia tenera</i>	calamar de arrecife

Quitones (Clase Polyplacophora)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Chitonida	Acanthochitonidae	<i>Cryptoconchus floridanus</i>	quitón con barra blanca
Chitonida	Ischnochitonidae	<i>Stenoplax bahamensis</i>	quitón

Escafópodos (Clase Scaphopoda)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Dentaliida	Dentaliidae	<i>Graptacme semistriata</i>	concha colmillo

**Gusanos anillados y sanguijuelas (Phylum Annelida)**

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Amphinomida	Amphinomidae	<i>Hermodice carunculata</i>	gusano de fuego
Eunicida	Lumbrineridae	<i>Lumbrinerides nasuta</i>	poliqueto



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Eunicida	Onuphidae	<i>Kinbergonuphis pulchra</i>	poliqueto
Phyllodocida	Iospilidae	<i>Phalacrophorus uniformis</i>	poliqueto
Phyllodocida	Nereididae	<i>Nereis panamensis</i>	poliqueto
Phyllodocida	Nereididae	<i>Nereis riisei</i>	poliqueto
Phyllodocida	Nereididae	<i>Perinereis floridana</i>	poliqueto
Phyllodocida	Typhloscolecidae	<i>Sagitella kowalewskii</i>	poliqueto
Sabellida	Sabellidae	<i>Bispira brunnea</i>	poliqueto
Sabellida	Serpulidae	<i>Spirobranchus giganteus</i>	poliqueto
Terebellida	Terebellidae	<i>Pista cristata</i>	poliqueto
Terebellida	Terebellidae	<i>Thelepus verrilli</i>	poliqueto

### Equinodermos (Phylum Echinodermata)

Asteroideos (Subphylum Asterozoa)

Estrellas de mar (Clase Asteroidea)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Notomyotida	Benthopectinidae	<i>Cheiraster blakei</i>	estrella de mar
Paxillosida	Astropectinidae	<i>Astropecten articulatus</i>	estrella de mar
Paxillosida	Astropectinidae	<i>Tethyaster vestitus</i>	estrella de mar
Valvatida	Goniasteridae	<i>Anthenoides piercei</i>	estrella de mar
Valvatida	Goniasteridae	<i>Pseudarchaster gracilis</i>	estrella de mar
Valvatida	Goniasteridae	<i>Rosaster alexandri</i>	estrella de mar
Valvatida	Odontasteridae	<i>Odontaster setosus</i>	estrella de mar
Valvatida	Ophidiasteridae	<i>Narcissia trigonaria</i>	estrella de mar
Valvatida	Oreasteridae	<i>Oreaster reticulatus</i>	estrella cojín
Valvatida	Poraniidae	<i>Marginaster pectinatus</i>	estrella de mar



## Ofiuos (Clase Ophiuroidea)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Amphilepidida	Amphiuridae	<i>Ophiophragmus wurdemanii</i>	ofiuro
Amphilepidida	Ophiactidae	<i>Ophiactis algicola</i>	ofiuro
Euryalida	Gorgonocephalidae	<i>Asteroporpa annulata</i>	estrella canasta
Euryalida	Gorgonocephalidae	<i>Astrochele lymani</i>	estrella canasta
Euryalida	Gorgonocephalidae	<i>Astrophyton muricatum</i>	estrella canasta
Ophiacanthida	Ophiocomidae	<i>Ophiocomella pumila</i>	ofiuro
Ophiacanthida	Ophiocomidae	<i>Ophiomastix wendtii</i>	ofiuro
Ophiurida	Amphiuridae	<i>Amphiura fibulata</i>	ofiuro
Ophiurida	Amphiuridae	<i>Ophiostigma isocanthum</i>	ofiuro
Ophiurida	Astrophyuridae	<i>Ophiomisidium pulchellum</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiactidae	<i>Ophiactis quinqueradia</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiactidae	<i>Ophiactis rubropoda</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiactidae	<i>Ophiactis savignyi</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiocomidae	<i>Ophiocoma echinata</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiocomidae	<i>Ophiocomella ophiactoides</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiocomidae	<i>Ophiopsila riisei</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiodermatidae	<i>Ophioderma appressum</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiodermatidae	<i>Ophioderma brevispinum</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiodermatidae	<i>Ophioderma phoenium</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiodermatidae	<i>Ophioderma rubicundum</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiolepididae	<i>Ophiolepis elegans</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiolepididae	<i>Ophiolepis impressa</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiolepididae	<i>Ophiomusa luetkeni</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiomyxidae	<i>Ophiomyxa flaccida</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiothricidae	<i>Ophiothrix angulata</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiothricidae	<i>Ophiothrix suensonii</i>	ofiuro
Ophiurida	Ophiuridae	<i>Ophiura fallax</i>	erizo corazón



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Ophiurida	Ophiuridae	<i>Ophiura sarsii</i>	ofiuro

Crinoideos (Subphylum Crinozoa)

Lirios de mar (Clase Crinoidea)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Comatulida	Comatulidae	<i>Davidaster discoideus</i>	lirio de mar
Comatulida	Comatulidae	<i>Davidaster rubiginosus</i>	lirio de mar

Equinoideos (Subphylum Echinozoa)

Erizos y galletas de mar (Clase Echinoidea)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Arbacioida	Arbaciidae	<i>Arbacia punctulata</i>	erizo de mar
Arbacioida	Arbaciidae	<i>Coelopleurus floridanus</i>	erizo de mar
Camarodonta	Echinometridae	<i>Echinometra viridis</i>	erizo de arrecife
Camarodonta	Toxopneustidae	<i>Lytechinus variegatus</i>	erizo verde de mar
Cidaroida	Cidaridae	<i>Eucidaris tribuloides</i>	erizo de mar, erizo lápiz
Cidaroida	Cidaridae	<i>Stylocidaris lineata</i>	erizo de mar
Clypeasteroida	Clypeasteridae	<i>Clypeaster ravenelii</i>	galleta de mar
Clypeasteroida	Clypeasteridae	<i>Clypeaster rosaceus</i>	galleta de mar
Clypeasteroida	Clypeasteridae	<i>Clypeaster subdepressus</i>	galleta de mar
Clypeasteroida	Mellitidae	<i>Encope aberrans</i>	galleta de mar
Clypeasteroida	Mellitidae	<i>Encope michelini</i>	galleta de mar
Diadematoida	Diadematidae	<i>Astropyga magnifica</i>	erizo de mar magnífico
Diadematoida	Diadematidae	<i>Centrostephanus longispinus</i> subsp. <i>rubricingulus</i>	erizo de mar
Diadematoida	Diadematidae	<i>Diadema antillarum</i>	erizo negro, erizo de mar, erizo diadema
Echinolampadoida	Echinolampadidae	<i>Echinolampas depressa</i>	erizo de mar



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Echinoneoidea	Echinoneidae	<i>Echinoneus cyclostomus</i>	erizo de mar
Echinothurioida	Phormosomatidae	<i>Phormosoma placenta</i>	erizo de mar

Pepinos de mar (Clase Holothroidea)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Aspidochirotida	Holothuriidae	<i>Holothuria mexicana</i>	pepino de mar, pepino de mar michelín
Aspidochirotida	Holothuriidae	<i>Holothuria occidentalis</i>	pepino de mar
Aspidochirotida	Holothuriidae	<i>Holothuria thomasi</i>	pepino de mar
Aspidochirotida	Stichopodidae	<i>Isostichopus badionotus</i>	pepino de mar, pepino de mar chispa de chocolate
Dendrochirotida	Psolidae	<i>Psolus tuberculatus</i>	pepino de mar

Cordados (Phylum Chordata)

Tunicatos (Subphylum Tunicata)

Apendicularios (Clase Appendicularia)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Copelata	Oikopleuridae	<i>Oikopleura longicauda</i>	apendiculario

Ascidias (Clase Ascidiacea)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Aplousobranchia	Clavelinidae	<i>Clavelina oblonga</i>	ascidia
Aplousobranchia	Clavelinidae	<i>Clavelina picta</i>	ascidia
Aplousobranchia	Didemnidae	<i>Didemnum duplicatum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Didemnidae	<i>Didemnum granulatum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Didemnidae	<i>Polysyncraton amethysteum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Didemnidae	<i>Trididemnum solidum</i>	ascidia



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Aplousobranchia	Holozoidae	<i>Distaplia bermudensis</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Cystodytes dellechiajei</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Cystodytes roseolus</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Eudistoma amanitum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Eudistoma clarum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Eudistoma hepaticum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Eudistoma obscuratum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Eudistoma olivaceum</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Eudistoma recifense</i>	ascidia
Aplousobranchia	Polyclinidae	<i>Polyclinum constellatum</i>	ascidia
Phlebobranchia	Asciidiidae	<i>Ascidia panamensis</i>	ascidia
Phlebobranchia	Perophoridae	<i>Ecteinascidia styeloides</i>	ascidia
Phlebobranchia	Perophoridae	<i>Ecteinascidia turbinata</i>	ascidia
Phlebobranchia	Perophoridae	<i>Perophora viridis</i>	ascidia
Stolidobranchia	Pyuridae	<i>Microcosmus exasperatus</i>	ascidia
Stolidobranchia	Pyuridae	<i>Pyura beta</i>	ascidia
Stolidobranchia	Stolidobranchia	<i>Pyura lopezlegentilae</i>	ascidia
Stolidobranchia	Pyuridae	<i>Pyura vannamei</i>	ascidia
Stolidobranchia	Pyuridae	<i>Pyura vittata</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botrylloides alacranensis</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botrylloides magnicoecus</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botrylloides niger</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botryllus camur</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botryllus humilis</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botryllus nortensis</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botryllus unamensis</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Polycarpa cartilaginea</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Polycarpa spongiabilis</i>	ascidia



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Symplegma papillata</i>	ascidia
Stolidobranchia	Styelidae	<i>Symplegma viride</i>	ascidia

### Artrópodos (Phylum Arthropoda)

#### Crustáceos (Subphylum Crustacea)

Cangrejos, camarones y langostas (Clase Malacostraca)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Amphipoda	Eupronoidae	<i>Eupronoe intermedia</i>	anfípodo
Amphipoda	Lestrigonidae	<i>Hyperietta stephensi</i>	anfípodo
Amphipoda	Lestrigonidae	<i>Hyperietta vosseleri</i>	anfípodo
Amphipoda	Lestrigonidae	<i>Lestrigonus bengalensis</i>	anfípodo
Amphipoda	Lestrigonidae	<i>Lestrigonus latissimus</i>	anfípodo
Amphipoda	Leucothoidae	<i>Leucothoe saron</i>	anfípodo
Amphipoda	Lycaeopsidae	<i>Lycaeopsis zamboangae</i>	anfípodo
Amphipoda	Maeridae	<i>Ceradocus sheardi</i>	anfípodo
Amphipoda	Phronimidae	<i>Phronima sedentaria</i>	anfípodo
Amphipoda	Phronimidae	<i>Phronima stebbingi</i>	anfípodo
Amphipoda	Platyscelidae	<i>Tetrathyrus forcipatus</i>	anfípodo
Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus armatus</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus cristulifrons</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus formosus</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus normanni</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus paraformosus</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus peasei</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Alpheus scopulus</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Synalpheus agelas</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Synalpheus apioceros</i>	camarón chasqueador



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Decapoda	Alpheidae	<i>Synalpheus brevicarpus</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Synalpheus fritzmuelleri</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Synalpheus paraneomeris</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Alpheidae	<i>Synalpheus townsendi</i>	camarón chasqueador
Decapoda	Calappidae	<i>Calappa flammea</i>	cangrejo
Decapoda	Diogenidae	<i>Calcinus tibicen</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Diogenidae	<i>Dardanus insignis</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Diogenidae	<i>Paguristes cadenati</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Diogenidae	<i>Paguristes tortugae</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Diogenidae	<i>Paguristes wassi</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Epiplatidae	<i>Macrocoeloma trispinosum</i>	cangrejo araña
Decapoda	Epiplatidae	<i>Stenocionops furcatus</i>	cangrejo araña
Decapoda	Euryplacidae	<i>Frevillea barbata</i>	cangrejo araña
Decapoda	Inachidae	<i>Anomalothir furcillatus</i>	cangrejo araña
Decapoda	Inachidae	<i>Ericerodes gracilipes</i>	cangrejo araña
Decapoda	Inachoididae	<i>Euprognatha rastellifera</i>	cangrejo araña
Decapoda	Inachoididae	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	cangrejo flecha amarilla
Decapoda	Luciferidae	<i>Belzebub faxoni</i>	
Decapoda	Lysmatidae	<i>Lysmata pederseni</i>	camarón
Decapoda	Mithracidae	<i>Maguimithrax spinosissimus</i>	cangrejo araña
Decapoda	Mithracidae	<i>Nonala holderi</i>	cangrejo araña
Decapoda	Mithracidae	<i>Pitho mirabilis</i>	cangrejo araña
Decapoda	Mithracidae	<i>Teleophrys ruber</i>	cangrejo araña
Decapoda	Paguridae	<i>Catapagurus sharreri</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Paguridae	<i>Iridopagurus caribbensis</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Paguridae	<i>Pagurus brevidactylus</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Paguridae	<i>Pagurus provenzanoi</i>	cangrejo ermitaño
Decapoda	Palaemonidae	<i>Cuapetes americanus</i>	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Decapoda	Palaemonidae	<i>Leander tenuicornis</i>	camarón de coral
Decapoda	Palaemonidae	<i>Periclimenaeus perlatus</i>	camarón de coral
Decapoda	Palaemonidae	<i>Periclimenes rathbunae</i>	camarón de coral
Decapoda	Palaemonidae	<i>Periclimenes yucatanicus</i>	camarón de coral
Decapoda	Palicidae	<i>Palicus gracilipes</i>	cangrejo
Decapoda	Palicidae	<i>Palicus obesus</i>	cangrejo de zancos
Decapoda	Palinuridae	<i>Panulirus argus</i>	langosta del caribe
Decapoda	Parthenopidae	<i>Agolambrus agonus</i>	cangrejo
Decapoda	Parthenopidae	<i>Solenolambrus typicus</i>	cangrejo
Decapoda	Parthenopidae	<i>Spinolambrus pourtalesii</i>	cangrejo
Decapoda	Penaeidae	<i>Parapenaeus politus</i>	camarón
Decapoda	Percnidae	<i>Percnon gibbesi</i>	cangrejo erizo
Decapoda	Pilumnidae	<i>Pilumnus caribaeus</i>	cangrejo
Decapoda	Pinnotheridae	<i>Clypeasterophilus juvenilis</i>	cangrejo
Decapoda	Pinnotheridae	<i>Clypeasterophilus rugatus</i>	cangrejo
Decapoda	Portunidae	<i>Callinectes bocourti**</i>	jaiba roma
Decapoda	Rhynchocinetidae	<i>Cinetorhynchus manningi</i>	camarón nocturno rojo
Decapoda	Scyllaridae	<i>Scyllarus depressus</i>	langosta
Decapoda	Sicyoniidae	<i>Sicyonia brevis</i>	camarón de roca
Decapoda	Stenopodidae	<i>Stenopus hispidus</i>	camarón boxeador
Decapoda	Stenopodidae	<i>Stenopus scutellatus</i>	camarón boxeador dorado
Decapoda	Thoridae	<i>Thor amboinensis</i>	camarón jorobado
Decapoda	Xanthidae	<i>Micropanope lobifrons</i>	cangrejo
Decapoda	Xanthidae	<i>Paractaea rufopunctata</i>	cangrejo
Decapoda	Xanthidae	<i>Paraliomera longimana</i>	cangrejo
Euphausiacea	Euphausiidae	<i>Stylocheiron carinatum</i>	eufásidos
Mysida	Mysidae	<i>Michthyops parvus</i>	anfípodo
Stomatopoda	Squillidae	<i>Squilla deceptrix</i>	camarón mantis



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Stomatopoda	Squillidae	<i>Squilla empusa</i>	camarón mantis del Atlántico

Copépodos (Clase Maxillopoda)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común
Calanoida	Calanidae	<i>Undinula vulgaris</i>	copépodo
Calanoida	Centropagidae	<i>Centropages violaceus</i>	copépodo
Calanoida	Clausocalanidae	<i>Clausocalanus furcatus</i>	copépodo
Calanoida	Euchaetidae	<i>Euchaeta marina</i>	copépodo
Calanoida	Paracalanidae	<i>Mecynocera clausi</i>	copépodo
Calanoida	Paracalanidae	<i>Paracalanus quasimodo</i>	copépodo
Cyclopoida	Oithonidae	<i>Oithona plumifera</i>	copépodo
Sessilia	Balanidae	<i>Megabalanus stultus</i>	copépodo
Sessilia	Chthamalidae	<i>Chthamalus proteus</i>	percebes bellota

Tecostráceos (Clase Thecostraca)

Orden	Familia	Especie o infraespecie
Kentrogonida	Sacculinidae	<i>Loxothylacus perarmatus</i>

### Vertebrados

#### Tiburones y rayas (Clase Elasmobranchii)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus brevipinna</i>	tiburón punta de lápiz, tiburón curro	
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus leucas</i>	tiburón toro	
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>	tiburón martillo común	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula birostris</i>	mantarraya gigante, manta gigante, manta voladora	Pr
Myliobatiformes	Urotrygonidae	<i>Urobatis jamaicensis</i>	raya amarilla, raya redonda de estero	
Orectolobiformes	Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	tiburón gata, tiburón nodriza	
Orectolobiformes	Rhincodontidae	<i>Rhincodon typus</i> ▲	tiburón ballena	A

### Peces óseos (Clase Actinopteri)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Acanthuriformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus chirurgus</i>	cirujano rayado, doctor	
Acanthuriformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus coeruleus</i>	cirujano azul, navajero	
Acanthuriformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus tractus</i>	cirujano pardo, navajón pardo	
Acanthuriformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i>	mariposa ocelada, pez mariposa de cuatro ojos, isabelita blanca	
Acanthuriformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon ocellatus</i>	mariposa perla amarilla, pez mariposa	
Acanthuriformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon sedentarius</i>	mariposa parche	
Acanthuriformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon striatus</i>	mariposa rayada, pez mariposa convicto	
Acanthuriformes	Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	mojarra de ley, mojarrita de ley	
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i>	burro payaso, bandera, catalina	
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Emmelichthyops atlanticus</i>	capó	
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Haemulon carbonarium</i>	ronco carbonero	
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Haemulon flavolineatum</i>	ronco condensado, bocayate francés	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Haemulon parra</i>	boquilla, arrayado	
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Haemulon plumierii</i>	chac-chí	
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Haemulon sciurus</i>	ronco carité, bocayate lineado	
Acanthuriformes	Haemulidae	<i>Haemulon striatum</i>	ronco pinto	
Acanthuriformes	Latilidae	<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>	conejo amarillo	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>	pargo criollo, cubera, pargo cebado	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus buccanella</i>	pargo sesí, huachinango aleta negra, pargo cifre	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus campechanus</i>	huachinango del Golfo, huachinango de castilla	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i>	pargo mulato, pargo dientón, caballerete	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus jocu</i>	caballera, pargo caballera, jocú	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus mahogoni</i>	pargo ojón, ojanco, pargo rosado	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	pargo bijaiba, rubia, arrayado, villaiba	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus vivanus</i>	huachinango ojo amarillo, chillo, colorado	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Ocyurus chrysurus</i>	rubia, colirrubia, pargo rubia, pargo canané	
Acanthuriformes	Lutjanidae	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	besugo, sardo, buchua, pargo colorado	
Acanthuriformes	Malacanthidae	<i>Malacanthus plumieri</i>	matajuelo blanco, doncella	
Acanthuriformes	Pomacanthidae	<i>Centropyge argi</i>	angelote pigmeo	
Acanthuriformes	Pomacanthidae	<i>Holacanthus bermudensis</i>	chabelita azul	
Acanthuriformes	Pomacanthidae	<i>Holacanthus ciliaris</i>	ángel reina	
Acanthuriformes	Pomacanthidae	<i>Holacanthus tricolor</i>	chabelita tricolor	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Acanthuriformes	Pomacanthidae	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	gallineta café, pez ángel gris	
Acanthuriformes	Pomacanthidae	<i>Pomacanthus paru</i>	gallineta negra, cachama negra, ángel francés	
Acanthuriformes	Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i>	catalufa ojón, catalufa toro	
Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion nebulosus</i>	corvina pinta, trucha pinta	
Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Equetus punctatus</i>	payasito punteado	
Acanthuriformes	Sparidae	<i>Calamus bajonado</i>	mojarrón, luma	
Acanthuriformes	Sparidae	<i>Calamus calamus</i>	sargo puerco, cachipluma	
Acanthuriformes	Sparidae	<i>Calamus campechanus</i>	pluma campechana, cachipluma	
Anguilliformes	Congridae	<i>Rhynchoconger flavus</i>	congrío amarillo	
Anguilliformes	Congridae	<i>Rhynchoconger gracilior</i>	congrío grácil	
Anguilliformes	Muraenidae	<i>Enchelycore nigricans</i>	morena víbora	
Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax miliaris</i>	morena cola dorada, morena dorada	
Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax moringa</i>	morena manchada, morena pinta	
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Ahlia egmontis</i>	tieso de cayo, safío de llave	
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>	chile apestoso	
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i>	chile manchado	
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Porichthys plectrodon</i>	doradila	
Beloniformes	Belonidae	<i>Platybelone argalus</i>	agujón de quilla	
Beloniformes	Exocoetidae	<i>Cheilopogon cyanopterus</i>	volador azul, pez volador	
Beloniformes	Exocoetidae	<i>Exocoetus volitans</i>	volador tropical, pez volador	
Beloniformes	Exocoetidae	<i>Prognichthys gibbifrons</i>		
Blenniiformes	Blenniidae	<i>Ophioblennius macclurei</i>	borracho labio rojo, blenio caribeño	
Blenniiformes	Chaenopsidae	<i>Acanthemblemaria aspera</i>	tubícola, tubícola cabeza ruda	
Blenniiformes	Labrisomidae	<i>Malacoctenus aurolineatus</i>	trambollo lineado	
Blenniiformes	Labrisomidae	<i>Malacoctenus triangulatus</i>	trambollo ensillado, sapito de montura	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx bartholomaei</i>	cojinua amarilla, cojinuda	
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx latus</i>	jurel, jurel blanco, jurel ojón	
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx ruber</i>	cojinúa, cojinuda carbonera	
Carangiformes	Carangidae	<i>Decapterus punctatus</i>	macarela chuparaco	
Carangiformes	Carangidae	<i>Elagatis bipinnulata</i>	macarela salmón, picudo rayado	
Carangiformes	Carangidae	<i>Seriola zonata</i>	medregal rayado	
Carangiformes	Carangidae	<i>Trachinotus falcatus</i>	pámpano palometa	
Carangiformes	Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i>	robalo blanco, robalo	
Carangiformes	Coryphaenidae	<i>Coryphaena equiselis</i>	dorado común, dorado enano	
Carangiformes	Cyclopsettidae	<i>Syacium papillosum</i>	lenguado moreno	
Carangiformes	Istiophoridae	<i>Kajikia albida</i>	marlín blanco	
Carangiformes	Paralichthyidae	<i>Ancylosetta dilecta</i>	lenguado tres manchas	
Carangiformes	Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	barracuda, barracuda gigante, picua	
Carangiformes	Syngnathidae	<i>Syngnathus pelagicus</i>	pez pipa oceánico, trompetero oceánico	
Carangiformes	Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i>	pez espada	
Centrarchiformes	Cirrhitidae	<i>Amblycirrhitus pinos</i>	halcón puntirrojo, halcón rayadito	
Centrarchiformes	Kyphosidae	<i>Kyphosus sectatrix</i>	chopa blanca	
Centrarchiformes	Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	chopa amarilla, chopá rayada	
Cichliformes	Grammatidae	<i>Grama loreto</i>	loreto, merito rabirrubio	
Cichliformes	Opistognathidae	<i>Opistognathus aurifrons</i>	bocón cabeza amarilla, traganavis dorado	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	petaca rayada, sargento mayor	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Azurina multilineata</i>	castañeta parda	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Chromis cyanea</i>	castañeta azul, cromis azul, azulejo	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Chromis enchrysurus</i>	castañeta coliamarilla	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Chromis insolata</i>	castañeta sol	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Chromis scotti</i>	castañeta púrpura	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Microspathodon chrysurus</i>	jaqueta coliamarilla, chopita de cola amarilla	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Stegastes adustus</i>	castañeta prieta, jaqueta prieta, chopita prieta	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Stegastes diencaeus</i>	pez pipa oceánico, trompetero oceánico	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Stegastes leucostictus</i>	jaqueta bonita	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Stegastes partitus</i>	jaqueta bicolor	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Stegastes planifrons</i>	jaqueta de tres puntos, chopita de tres puntos	
Cichliformes	Pomacentridae	<i>Stegastes xanthurus</i>	chopita caribeña, jaqueta castaña	
Clupeiformes	Dussumieriidae	<i>Etrumeus sadina</i>	sardina japonesa	
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Dormitator maculatus</i>	naca, pipón, chococo	
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus dicrus</i>	gobio dos puntos, gobio colón	
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus eidolon</i>	gobio pálido	
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>	gobio de riendas, gobio con brida	
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus hyalinus</i>	gobio cristal	
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus personatus</i>	gobio mapache	
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Elacatinus oceanops</i>	gobio neón	
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Gnatholepis thompsoni</i>	gobio puntadorada	
Gobiiformes	Microdesmidae	<i>Ptereleotris helenae</i>	gobi, pez dardo	
Holocentriformes	Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i>	candil de vidrio, pez ardilla	
Holocentriformes	Holocentridae	<i>Holocentrus rufus</i>	candil ardilla, candil rufo	
Holocentriformes	Holocentridae	<i>Myripristis jacobus</i>	soldado raya, candil soldad	
Holocentriformes	Holocentridae	<i>Neoniphon marianus</i>	carajuelo mariano, candil mamey	
Kurtiformes	Apogonidae	<i>Apogon maculatus</i>	cardenal manchado, cardenal	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Kurtiformes	Apogonidae	<i>Apogon pseudomaculatus</i>	cardenal dos puntos	
Lophiiformes	Antennariidae	<i>Fowlerichthys radiosus</i>	ranisapo uniocelado	
Lophiiformes	Lophiidae	<i>Lophiodes reticulatus</i>	pescador hocicón, rape hocicón	
Lophiiformes	Ogcocephalidae	<i>Halieutichthys aculeatus</i>	murciélago picudo	
Lophiiformes	Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus corniger</i>	pez murciélago de nariz larga	
Lophiiformes	Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus parvus</i>	murciélago lomo áspero	
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Lepidophanes guentheri</i>		
Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Lepophidium crossotum</i>		
Perciformes	Anthiidae	<i>Hemanthias leptus</i>	cabrilla robalo	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Cephalopholis cruentata</i>	cherna enjambre, mero panal	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Cephalopholis fulva</i>	cabrilla roja, mero coney, guativere	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Dermatolepis inermis</i>	mero cuerpo de mármol	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Epinephelus adscensionis</i>	cabrilla payaso, mero cabrilla	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Epinephelus drummondhayi</i>	mero pintarroja, merlo lenteja	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Epinephelus guttatus</i>	cabrilla colorada, mero cabrilla	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Epinephelus itajara</i>	cherna, mero guasa	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Epinephelus morio</i>	cherna americana, mero rojo	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Epinephelus striatus</i>	cherna, mero del Caribe, cherna criolla	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Gonioplectrus hispanus</i>	cherna bandera, bandera español	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Hyporthodus flavolimbatus</i>	mero extraviado	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Hyporthodus mystacinus</i>	merlo listado	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Hyporthodus nigrinus</i>	mero negro	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Hyporthodus niveatus</i>	cherna pintada	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Mycteroperca bonaci</i>	cherna negrilla, mero negro, negrilla	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Mycteroperca interstitialis</i>	cherna boca amarilla, gallineta	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Mycteroperca microlepis</i>	abadejo, aguají	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Mycteroperca phenax</i>	abadejo garropa, abadejo gallina	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Perciformes	Epinephelidae	<i>Mycteroperca tigris</i>	cabrilla gato, bonací gato, cuna gata	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Mycteroperca venenosa</i>	guacamayo, mero pinto, guajil	
Perciformes	Epinephelidae	<i>Paranthias furcifer</i>	rabirrubia del Golfo	
Perciformes	Labridae	<i>Bodianus pulchellus</i>	vieja lomo negro	
Perciformes	Labridae	<i>Bodianus rufus</i>	vieja española	
Perciformes	Labridae	<i>Clepticus parrae</i>	doncella mulata, creol	
Perciformes	Labridae	<i>Cryptotomus roseus</i>	loro chimuelo	
Perciformes	Labridae	<i>Decodon puellaris</i>	doncella de lo alto, doncella de canto	
Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres bivittatus</i>	doncella rayada, bimbolín	
Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres garnoti</i>	doncella cabeciamarilla	
Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres maculipinna</i>	doncella payaso	
Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres radiatus</i>	doncella azulada, pudín	
Perciformes	Labridae	<i>Lachnolaimus maximus</i>	boquinete, capitán, jaquetón blanco	
Perciformes	Labridae	<i>Nicholsina usta</i>	loro esmeralda	
Perciformes	Labridae	<i>Scarus coelestinus</i>	loro medianoche, guacamaya negra	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus coeruleus</i>	loro azul, guacamaya azul, jabón	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus guacamaia</i>	loro guacamayo, guacamayo, guacamata	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus iseri</i>	loro listado, loro perico, loro estriado	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus taeniopterus</i>	loro alargado, loro princesa	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus vetula</i>	loro reina, pez loro real	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma atomarium</i>	loro mancha verde, loro jabón	
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	loro manchado	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma chrysopterus</i>	loro verde	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma radians</i>	loro dientuso, loro aleta negra	
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma rubripinne</i>	loro coliamarilla, loro basto	Pr



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma viride</i>	loro brillante, loro colorado, loro semáforo	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	cara de cotorra, señorita caribeña cabeza azul	
Perciformes	Labridae	<i>Xyrichtys martinicensis</i>	cuchillo llorón	
Perciformes	Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i> ***	pez león, pez león asiático	
Perciformes	Serranidae	<i>Diplectrum bivittatum</i>	serrano guabino	
Perciformes	Serranidae	<i>Hypoplectrus guttavarius</i>	mero dorado	
Perciformes	Serranidae	<i>Hypoplectrus puella</i>	mero barril, vaca barreada	
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus baldwini</i>	serrano linterna	
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus subligarius</i>	serrano aporreado	
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus tigrinus</i>	serrano arlequín, serrano tigre, guatacare	
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus tortugarum</i>	serrano pálido, guatacare colorado	
Perciformes	Triglidae	<i>Peristedion gracile</i>	vaquita blindada, vaquita blindada flaca	
Perciformes	Triglidae	<i>Prionotus stearnsi</i>	rubio pequeño	
Scombriformes	Gempylidae	<i>Lepidocybium flavobrunneum</i>	escolar negro	
Scombriformes	Scombridae	<i>Katsuwonus pelamis</i>	barrilete listado	
Scombriformes	Scombridae	<i>Thunnus albacares</i>	atún aleta amarilla	
Syngnathiformes	Aulostomidae	<i>Aulostomus maculatus</i>	pez trompeta, corneta, trompeta pintada	
Syngnathiformes	Mullidae	<i>Mulloidichthys martinicus</i>	chivo amarillo	
Syngnathiformes	Mullidae	<i>Pseudupeneus maculatus</i>	chivo manchado, salmonete pinto	
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes vetula</i>	cochino, pez puerco, cachuda	
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Canthidermis sufflamen</i>	sobaco lija, cachúa	
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Melichthys niger</i>	cochito negro, calafate, negrito	



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Xanthichthys ringens</i>	cocuyo, varraco	
Tetraodontiformes	Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i>	erizo mapache, pez erizo apache	
Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i>	lija trompa, pez lija pintado, cachua	
Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Cantherhines macrocerus</i>	pez lija de puntos blancos, lima punteado	
Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Cantherhines pullus</i>	lija colorada	
Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Monacanthus tuckeri</i>	lija reticulada	
Tetraodontiformes	Ostraciidae	<i>Lactophrys bicaudalis</i>	chapín pintado	
Tetraodontiformes	Ostraciidae	<i>Lactophrys triqueter</i>	pez cofre, chapín baqueta, pez baúl	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i>	tamboril narizón, tamborí-n narizón	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides spengleri</i>	botete collarete, tamboril manchado	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides testudineus</i>	botete sapo	
Tetraodontiformes	Triacanthodidae	<i>Parahollardia lineata</i>	cochi rombo	

### Reptiles (Clase Reptilia)

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i> ▲	caguama, tortuga caguama	P
Testudines	Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i> ▲	tortuga verde, tortuga blanca	P
Testudines	Cheloniidae	<i>Eretmochelys imbricata</i> ▲	carey, tortuga carey	P
Testudines	Cheloniidae	<i>Lepidochelys kempii</i> ▲	lora, tortuga lora	P
Testudines	Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i> ▲	laúd, tortuga laúd	P





### **ANEXO 3. LISTA DE ESPECIES EN CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010, PRESENTES EN LA PROPUESTA DE PN BAJOS DEL NORTE**

En la lista se integran taxones aceptados y válidos conforme a los sistemas de clasificación y catálogos de autoridades taxonómicas correspondientes a cada grupo taxonómico.

Las categorías de riesgo se presentan conforme a la Modificación del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) con las siguientes abreviaturas: A: Amenazada; Pr: Sujeta a protección especial; P: En peligro de extinción y E: Probablemente extinta en el medio silvestre.

Se indican con un triángulo (▲) las especies prioritarias conforme al Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación, publicado en el DOF el 5 de marzo de 2014.



**FAUNA**
**Invertebrados**
**Cnidarios (Phylum Cnidaria)**
**Corales (Clase Anthozoa)**

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Alcyonacea	Plexauridae	<i>Plexaura homomalla</i>	coral blando, abanico de mar	Pr
Antipatharia	Myriopathidae	<i>Plumapathes pennacea</i>	coral negro	A
Scleractinia	Acroporidae	<i>Acropora cervicornis</i> ▲	cuerno de ciervo	Pr
Scleractinia	Acroporidae	<i>Acropora palmata</i> ▲	cuerno de alce	Pr
Scleractinia	Merulinidae	<i>Orbicella annularis</i>	coral de estrellas rocoso o masivo	A
Scleractinia	Merulinidae	<i>Orbicella faveolata</i>	coral estrella montaña o masivo	A

**Vertebrados**
**Tiburones y rayas (Clase Elasmobranchii)**

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula birostris</i>	mantarraya gigante, manta gigante, manta voladora	Pr
Orectolobiformes	Rhincodontidae	<i>Rhincodon typus</i> ▲	tiburón ballena	A

**Peces óseos (Clase Actinopteri)**

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Perciformes	Labridae	<i>Scarus coelestinus</i>	loro medianoche, guacamaya negra	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus coeruleus</i>	loro azul, guacamaya azul, jabón	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus guacamaia</i>	loro guacamayo, guacamayo, guacamata	Pr



Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Perciformes	Labridae	<i>Scarus iseri</i>	loro listado, loro perico, loro estriado	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus taeniopterus</i>	loro alargado, loro princesa	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Scarus vetula</i>	loro reina, pez loro real	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	loro manchado	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma chrysopterus</i>	loro verde	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma rubripinne</i>	loro coliamarilla, loro basto	Pr
Perciformes	Labridae	<i>Sparisoma viride</i>	loro brillante, loro colorado, loro semáforo	Pr

**Reptiles (Clase Reptilia)**

Orden	Familia	Especie o infraespecie	Nombre común	Categoría de riesgo
Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i> ▲	caguama, tortuga caguama	P
Testudines	Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i> ▲	tortuga verde, tortuga blanca	P
Testudines	Cheloniidae	<i>Eretmochelys imbricata</i> ▲	carey, tortuga carey	P
Testudines	Cheloniidae	<i>Lepidochelys kempii</i> ▲	lora, tortuga lora	P
Testudines	Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i> ▲	laúd, tortuga laúd	P



#### ANEXO 4. FOTOGRAFÍAS DE ESPECIES Y ECOSISTEMAS

Fotografía Oceana / Carlos Aguilera Calderón



*Figura 46. Arrecifes coralinos en Bajos del Norte (Oceana, 2022)*





Figura 47. Toma de video para monitoreo de especies arrecifales en Bajos del Norte (Oceana, 2022)



Figura 48. Comunidades de esponjas en el sitio de la propuesta de ANP (Oceana, 2022)





*Figura 49. Arrecifes de Bajos del Norte (Oceana, 2022)*



*Figura 50. Barracuda en la propuesta de PN Bajos del Norte (Oceana, 2022)*

