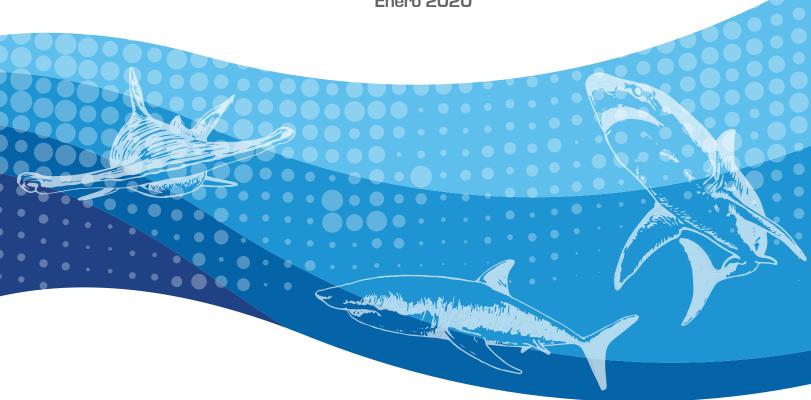


Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Peces Pelágicos y Depredadores en Costa Rica

Propuesta técnica elaborada por: Marta Cambra Y Mario Espinoza Enero 2020















CONTENIDO

1	Presentación ————————————————————————————————————	<u> </u>
2	Importancia del protocolo para la integridad ecológica	7
3	Marco sinóptico	8 - 9
4	Selección y clasificación de especies focales	10 - 12
5	Resumen general de los indicadores	13 - 14
6	Evaluación de indicadores —	15- 16
7	Indicadores para el monitoreo ecológico marino ————————————————————————————————————	17
-	Indicador 1: Abundancia grupos funcionales indicadores y especies clave Indicador 2: Longitud total promedio de especies clave Indicador 3: Riqueza grupos funcionales Indicador 4: Proporción depredadores tope y grandes respecto pequeños Indicador 5: Abundancia especies focales beneficiadas Indicador 6: Frecuencia de observación especies focales Indicador 7: Diversidad grupos funcionales indicadores por sitio Indicador 8: Abundancia de especies calve por sitio Indicador 9: Cambios estacionales de grupos funcionales indicadores y / o especies focales	18 - 20 21 - 24 25 - 27 28 - 30 31 - 34 35 - 37 38 - 41 42 - 44 45 - 47
8	Metodología ————————————————————————————————————	48 - 58
9	Revisión de videos y procesamiento de datos	59 - 63
10	Análisis e interpretación de datos	
-	Medidas de manejo	67 - 68
11	Consideraciones	— 69 - 75
12	Guías para la identificación de especies ————————————————————————————————————	76
13	Acrónimos	77
14	Referencias ————————————————————————————————————	— 79 - 88
- - - -	nexos Anexo 1: Especies focales del Protocolo Anexo 2: Prueba estadística T-student o Wilcoxon-Mann-Whitney Anexo 3: Factores que determinan el esfuerzo de monitoreo Anexo 4: Equipo mínimo necesario para el monitoreo con cámaras Anexo 5: Pasos a seguir en el campo para el monitoreo con cámaras Anexo 6: Datos de campo y hoja de monitoreo para cámaras	90 - 101 102 - 104 105 106 107 - 109

EJECUCIÓN

Sistema Nacional de Áreas de Conservación -SINAC Área de Conservación Marina Cocos -ACMC Fundación Amigos Isla del Coco -FAICO

ELABORACIÓN CIENTÍFICA

Mario Espinoza Mendiola Marta Cambra Agusti

EDITORES CIENTÍFICOS

Esteban Herrera Herrera Andrea Montero Cordero

EDITORES DE ESTILO

Mario Espinoza Mendiola Marta Cambra Agusti

IMÁGENES

Centro de Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica. COMITÉ TECNICO ASESOR Jenny Asch, Eugenia Arguedas, Gustavo Induni, Damián Martínez

ASESORES EXPERTOS

Geiner Golfín (SINAC-ACMC), Isaac Chinchilla (SINAC-ACMC), Esteban Herrera (SINAC-ACMC), Gina Cuza (SINAC-ACMC), Eugenia Arguedas (SINAC), Jenny Asch (SINAC), Gustavo Induni (SINAC), Guido Saborío (SINAC), Silvia Matamoros (MINAE), Damián Martínez (MINAE), Yareth Ledesma (SINAC-ACOPAC), Roberto Zuñiga (SINAC-ACT), Freddy Salazar (SINAC-ACG), Diego Arce (SINAC-ACTo), Frank Cedeño (SINAC), Alexandra Campo (CENIGA), Ricardo Meneses (CMAR), Andrea Montero (FAICO), Ana Gloria Guzmán (CI), Mónica Gamboa (ACRXS), Randall Arauz (Fins Attached), Carlos Chacón (Pacífico), Didiher Chacón (LAST / WIDECAST), Harry Yepes (HP), Mario Espinoza (CIMAR-UCR), Marta Cambra (CIMAR-UCR), César Peñaherrera (Migramar).

DONADO POR: FAICO

La elaboración de este informe se enmarca en un convenio de cooperación entre FAICO, el SINAC y el ACMC. La Fundación Amigos Isla del Coco (FAICO) es una organización no gubernamental que, durante más de 25 años, el manejo sostenible y la conservación de la Isla del Coco y sus ecosistemas adyacentes.

FAICO trabaja en forma coordinada con el Gobierno de Costa Rica, por medio de autoridades como el Ministerio de Ambiente y Energía y en conjunto con otras organizaciones del sector ambiental en beneficio del ACMC y de las especies migratorias del Pacífico Oriental Tropical.

CITAR COMO: SINAC. 2020. Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Peces Pelágicos. Amigos Isla del Coco FAICO. San José, Costa Rica. 89p.

Presentación

En este documento presentamos una herramienta para el monitoreo de grandes peces pelágicos y/o depredadores (especies focales) en Áreas Marinas Protegidas (AMPs) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica. Este protocolo cuenta con una selección de indicadores que permitirán evaluar el estado de conservación en el que se encuentran las especies focales año tras año con el fin de identificar cambios a corto plazo y proporcionar alertas tempranas a los tomadores de decisiones. Se proponen técnicas de monitoreo estandarizadas, efectivas y accesibles que no dependan necesariamente de personal científico especializado en el campo. A largo plazo, esta información servirá para evaluar tendencias poblacionales, identificar amenazas y fortalecer la efectividad de las AMPs hacia la conservación de un grupo de especies cuya presencia es vital para el funcionamiento y salud de los ecosistemas.

• ¿Cuáles son las especies focales de este protocolo y porqué son importantes?

Este protocolo está dirigido al monitoreo de grandes peces pelágicos y/o depredadores los cuales serán tratados como "especies focales" de ahora en adelante (Anexo 1). Las especies focales tales como tiburones, rayas, picudos, atunes, dorados y jureles, entre otros, han sido identificadas como especies indicadoras de la salud del ambiente ante múltiples amenazas, incluyendo la sobrepesca, degradación del hábitat y cambio climático. Eso es debido a que la pesca ejerce una mayor presión sobre especies de gran tamaño y a medida que éstas van disminuyendo el interés pesquero se enfoca en especies de menor tamaño (Stevens et al. 2000, Pauly & Palomares 2005). Por lo tanto, en esas regiones con presión pesquera nula o regulada esperaríamos encontrar una mayor abundancia y biomasa de especies focales en comparación con áreas en donde si se permite la pesca (Sciberras et al. 2013, Rigby et al. 2019).

No todos los peces depredadores son pelágicos ni todos los peces pelágicos son depredadores. A continuación se definen brevemente ambos grupos:

Los grandes peces pelágicos son aquellos que se encuentran, principalmente, en la columna de agua o "zona pelágica" y cuya naturaleza los lleva a realizar largas migraciones para alimentarse, reproducirse o desarrollarse en las distintas etapas de su vida (Angel 1993). La zona pelágica incluye las aguas de la plataforma continental y de mar abierto las cuales abarcan hasta el 70% de la superficie del planeta, considerándose, por lo tanto, el ecosistema más extenso del mundo (Angel 1993, Worm et al. 2003, Hobday et al. 2009). Las especies pelágicas presentan un amplio rango de distribución que usualmente supera el tamaño establecido de las AMPs, exponiéndose a una mayor presión pesquera y por lo tanto dificultando su conservación (Sibert & Hampton 2003, Anado et al. 2011). Sin embargo, algunos estudios han reportado mayores índices de biomasa de especies pelágicas dentro de AMPs respecto áreas no protegidas sugiriendo que, bajo un esquema efectivo de manejo, las especies pelágicas pueden beneficiarse de la protección de las AMPs (Williams et al. 2006). Para maximizar la protección que las AMPs pueden aportar a las especies pelágicas hace falta monitorear la distribución y cambios en la abundancia de estas especies (Heagney et al. 2007).

Presentación

Esta información permite evaluar tendencias poblacionales a largo plazo así como identificar y proteger áreas de mayor vulnerabilidad tales como áreas de reproducción, crianza o rutas migratorias (Game et al. 2009). Eso es especialmente importante considerando los severos declives que están enfrentando estas especies debido principalmente a la sobrepesca (Myers & Worm 2003). Los peces pelágicos pueden clasificarse como costeros u oceánicos según su distribución y la profundidad a la que habitan. Sin embargo, algunas especies pueden ser tanto costeras como oceánicas, según el estadio de su ciclo de vida (Hobday et al. 2009).

Los peces depredadores son especies que usualmente ocupan niveles tróficos altos en la cadena alimenticia, y por lo tanto, cumplen un papel ecológico importante controlando la abundancia, distribución y/o el comportamiento de especies que ocupan niveles tróficos más bajos mediante interacciones ecológicas complejas como depredación o competencia (Stevens et al. 2000; Heupel et al. 2014). A grandes rasgos los peces depredadores se pueden dividir en depredadores tope y mesodepredadores. Los depredadores tope son especies de mayor tamaño que ocupan una posición trófica muy alta, y por lo tanto, tienen pocos depredadores. Los meso-depredadores son especies depredadoras de menor tamaño que ocupan posiciones tróficas intermedias, y por lo tanto, normalmente son presas de otros depredadores más grandes (Roff et al. 2016). Los depredadores tope suelen ejercer un efecto mucho mayor en la estructura trófica de los ecosistemas debido a la fuerte influencia que ejercen sobre sus presas. En cambio, el rol de los meso-depredadores es más redundante debido a que hay una mayor cantidad de especies ejerciendo funciones parecidas en el ecosistema. Por lo tanto, la función ecológica de una especie meso-depredadora que desparece del ecosistema podría ser sustituida por otra especie (Heupel et al. 2014). En muchas ocasiones, la reducción o desaparición de depredadores tope contribuye a la liberación de meso-depredadores alterando el número de consumidores primarios, y finalmente la salud de los ecosistemas (Dulvy 2008, Heithaus et al. 2008, Ferretti et al. 2010, Ruppert et al. 2013). A este fenómeno se lo ha llamado "cascada trófica". Cascadas tróficas relacionadas con la disminución de depredadores tope se han reportado en distintas regiones de todo el mundo (Dulvy et al. 2004, Watson & Estes 2011).

Además de su importancia ecológica, los grandes peces pelágicos y/o depredadores constituyen un recurso económico importante en pesquerías, así como en actividades turísticas como el buceo y la pesca recreativa (Petrosillo et al. 2007, Chacón et al. 2010, Cisneros-Montemayor et al. 2013). Por lo tanto, la reducción de las poblaciones de estas especies podría tener consecuencias ecológicas y económicas importantes, afectando el potencial pesquero y turístico en zonas costeras y pelágicas (Stevens et al. 2000, Dulvy et al. 2004, Camhi & Pikitch 2008).

• ¿A qué amenazas se enfrentan?

En las últimas décadas, una gran cantidad de especies depredadoras ha sufrido reducciones en su abundancia, principalmente debido a la sobrepesca, lo cual ha generado una gran preocupación a nivel global por el estado de sus poblaciones (Myers & Worm 2003, Pauly

Presentación

& Palomares 2005). Por ejemplo, se estima que las poblaciones de algunas especies de tiburones y rayas han disminuido un 90% o más en los últimos diez años, y un tercio de todas las especies se encuentran en riesgo de extinción (Baum et al. 2003, Dulvy et al. 2014). Por lo tanto, podemos afirmar que las actividades de extracción se han dado a un ritmo superior al que éstas especies son capaces de recuperarse provocando declives severos de muchas de sus poblaciones (Dulvy et al. 2014). Eso es debido a que la mayoría de grandes depredadores, como son los tiburones, se caracterizan por presentar poca descendencia, maduración tardía y periodos largos de gestación lo cual resulta en una baja resiliencia a incluso bajos niveles de perturbación, y por lo tanto un mayor riesgo de extinción (Stevens et al. 2000, Myers & Worm 2005).

Especies con ciclos de vida más productivos, como son los atunes, picudos y otros depredadores óseos asociados a arrecifes, también han sufrido los efectos de la sobrepesca y el desarrollo humano presentando declives en su abundancia de hasta 88 % en todos los océanos (Friedlander & DeMartini 2002, Myers & Worm 2003).

Por lo tanto, independientemente de las estrategias de vida y de la movilidad de las especies focales, muchas de éstas son pescadas de forma directa e incidental por lo que la sobrepesca constituye la principal amenaza para este grupo (Gallagher et al. 2014, McCauley et al. 2015). Otras amenazas importantes para las especies focales son la degradación del hábitat y el cambio climático.

• ¿Cómo este protocolo puede fortalecer la conservación de las especies focales?

Una gran cantidad de estudios ha demostrado que las AMPs bien implementadas y reguladas son capaces de conservar la biodiversidad y aumentar el potencial pesquero en áreas aledañas (Edgar et al. 2011; Bond et al. 2012; Speed et al. 2018). Sin embargo, la efectividad de las AMPs para conservar grandes depredadores y especies pelágicas migratorias que se mueven fuera de los límites del área protegida es limitada (Sibert & Hampton 2003, Graham et al. 2010, Devitt et al. 2015, Espinoza et al. 2015, Speed et al. 2016). Para lograr un manejo efectivo que incluya la protección de depredadores y peces pelágicos grandes se necesitan datos que permitan conocer su distribución, uso del hábitat, el grado de conectividad entre AMPs, y el estado en el que se encuentran sus poblaciones a lo largo del tiempo (Worm et al. 2003, Prato et al. 2013, Espinoza et al. 2014). Esta información es fundamental para que las AMPs logren proteger los ecosistemas marinos de forma integral y extendida en el tiempo, facilitando la protección de especies móviles durante ciertas etapas de su ciclo de vida o durante el tiempo de permanencia dentro de los límites de protección (Sibert & Hampton 2003, Heupel et al. 2007, Sibert et al. 2012, McAllister et al. 2015).

En Costa Rica, al igual que en muchos países del mundo, no existe un protocolo de monitoreo enfocado en grandes peces pelágicos y/o depredadores, por lo que existe un vacío de información que dificulta los esfuerzos de conservación de un grupo tan importante para la salud de los ecosistemas marinos. La aplicación de este protocolo permitirá establecer un monitoreo estandarizado en el tiempo a partir del cual se obtengan líneas base que permitan evaluar cambios poblacionales como respuesta a múltiples amenazas.



Importancia del protocolo para la integridad ecológica

Las AMPs están destinadas, entre otras razones, a proteger la integridad ecológica de uno o más ecosistemas, de manera que se puedan ofrecer diversas oportunidades de utilización con fines científicos, docentes, de recreo, de visita o de preservación. La integridad ecológica se define como la capacidad de un sistema ecológico de soportar y mantener una comunidad de organismos, cuya composición de especies, diversidad y organización funcional son comparables con los hábitats naturales dentro de una región particular (Parrish et al. 2003).

El PRONAMEC (Programa Nacional de Monitoreo Ecológico) es una propuesta metodológica para el seguimiento y evaluación del estado o tendencias de la biodiversidad a nivel nacional, en forma interinstitucional, rigurosa y práctica. Para poder llevar a cabo el monitoreo y evaluar el estado de las especies focales de este protocolo se han propuesto 9 indicadores (Sección 5). Para poner en práctica los indicadores para el monitoreo ecológico marino, es necesario que el lector de este protocolo conozca de primera mano una serie de términos que son claves para el entendimiento y aplicación de la metodología que se describirá más adelante. Por tanto, a continuación, se definen de forma clara y concisa cada uno de estos términos:

INDICADOR

Es aquella característica o condición que sea relevante, precisa y sensible a cambios durante el tiempo y que pueda ser determinado y caracterizado de forma precisa y práctica con costo razonable.

MONITOREO

Es la medición de un indicador a través del tiempo para evaluar los cambios en el medio ambiente.

ÁMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE

Condiciones mínimas en las cuales cada playa arenosa puede persistir tanto en el tiempo como el espacio.

La medición continua de los cambios en la integridad ecológica en cada AMP facilita la recuperación o mantenimiento de los objetos de conservación, ya que permite la evaluación de sus amenazas, la redefinición de las metas de conservación y el diseño de estrategias para su manejo y/o restauración, todo dentro de los principios del manejo adaptativo.

1Tomado de: SINAC. 2016. Protocolos PRONAMEC: Protocolos para el monitoreo ecológico (varios volúmenes). Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas Protegidas. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), San José, Costa Rica.

Marco Sinóptico

• Grandes peces pelágicos y/o depredadores en Costa Rica

Costa Rica posee 568,054 km2 de superficie marina en la que se han identificado 6700 especies de organismos marinos (Cortés & Wehrtmann 2009). Sin embargo, muchos hábitats y/o especies aún no han sido estudiados, por lo que esta cifra podría incrementar (Cortés & Wehrtmann 2009; Espinoza et al. 2018). Las especies de grandes peces pelágicos y/o depredadores, tales como tiburones y rayas, siguen siendo grupos poco estudiados. Actualmente se encuentran reportadas 93 especies de tiburones y rayas en Costa Rica la mayoría de las cuales se encuentran en ambientes con arrecifes coralinos o en estuarios y manglares realzando la importancia de estos hábitats costeros cada vez más amenazados por presiones humanas. Dado el rápido ritmo al que estas especies están disminuyendo y dada la degradación de los hábitats de los cuales dependen, generar información acerca de la distribución y abundancia de grandes peces pelágicos y/o depredadores es crucial para desarrollar medidas de manejo efectivas capaces de mejorar su conservación (Alvarado et al. 2011, Espinoza et al. 2018).

La sobrepesca, la degradación del hábitat y el cambio climático han sido identificadas como las principales amenazas para las especies focales de este protocolo. Los desembarques de palangre en Costa Rica han fluctuado entre 633 058 tiburones/año (2009) y 372 000 tiburones/año (2014), y la flota atunera de cerco captura anualmente alrededor de 37 000 tiburones (Jiménez, 2016). En la pesquería con red de cerco el tiburón sedoso representa entre el 75-93% de los tiburones capturados, seguido por un 4-10 % del tiburón oceánico punta blanca (C. longimanus) y un 1-4 % de tiburones martillo (principalmente S. lewini) (Hall & Roman, 2013). Las especies más afectadas en la pesca de palangre en Costa Rica son el tiburón sedoso (Carcharhinus falciformis), tiburón zorro (Alopias pelagicus), tiburón martillo (Sphyrna spp), atún (Thunnus spp) y dorado (Coryphaena hippurus), las cuales han sido sobrexplotadas o se encuentran actualmente en declive (Whoriskey et al. 2011, Dapp et al. 2013). La pesca de arrastre y la pesca artesanal no reportada también representan graves amenazas para muchas especies en la región costera (Clarke et al. 2018, Espinoza et al. 2018).

Las especies pelágicas han sido consideradas un elemento focal de manejo en el Parque Nacional Isla del Coco (PNIC) (SINAC 2016b) debido a la elevada diversidad y abundancia de especies migratorias y residentes que forman grandes agregaciones (Friedlander et al. 2012, Alvarado et al. 2016, Quimbayo et al. 2019). La mayoría de los estudios que existen en Costa Rica sobre especies depredadoras y grandes pelágicos, principalmente tiburones, se han realizado en las aguas del PNIC (Sibaja-Cordero 2008, Cortés et al. 2012, López-Garro et al. 2012, Zanella et al. 2012, White et al. 2015), dejando de lado otros sitios costeros importantes para la alimentación, reproducción o crianza de estas especies (Zanella et al. 2009, Espinoza et al. 2018). Los estudios existentes en zonas costeras se han centrado en el impacto que reciben las especies focales por parte de las actividades pesqueras (López-Garro et al. 2009, Zanella et al. 2009, Dapp et al. 2013) o en la contribución

económica que estas especies aportan al país mediante la pesca comercial y recreativa (Chacón et al. 2010). Sin embargo, esta información no se ha utilizado para evaluar la efectividad de las AMPs en cuanto a su conservación.

Cabe recordar que ante la falta de datos suficientes para determinar tendencias poblacionales de especies pelágicas el manejo adaptativo (enfoque recomendado en la Guía para el diseño y formulación del Plan General de Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica, SINAC, 2013b) dicta que debemos de trabajar con lo que tenemos. El principio precautorio dicta que la ausencia de datos perfectos o científicos no debería retrasar medidas de manejo y conservación (Vincent et al. 2104).

Estaciones con cámaras remotas submarinas

En este protocolo se propone el uso de estaciones con cámaras remotas submarinas con carnada o BRUVS ("Baited Remote Underwater Video Stations", por sus siglas en inglés) como una herramienta de monitoreo no destructiva ni invasiva para el monitoreo de grandes peces pelágicos y/o depredadores. Además, debido al bajo costo de operación y a su efectividad en el monitoreo de especies altamente móviles y de difícil detección, esta técnica se ha convertido en un pilar importante en esfuerzos globales de monitoreo (www.globalfinprint.com). Por lo tanto, las cámaras remotas submarinas pueden convertirse en una herramienta de monitoreo estandarizada que permita comparaciones a nivel nacional, regional e internacional promoviendo esquemas de conservación más efectivos para grandes peces pelágicos y/o depredadores.

Selección y Clasificación Especies Focales

Selección de especies focales

Las especies focales de este protocolo son todas esas especies de peces reportadas en Costa Rica que cum- plan con alguna de las siguientes características:

- 1- Especie pelágica con una longitud común total igual o superior a 0.5 metros según la base de datos de Fishbase. Se consideran especies pelágicas a aquellas con un hábitat definido como pelágico, pelágico-oceáni- co o bento-pelágico en Fish Base.
- 2- Especie depredadora con una longitud común total igual o superior a 0.5 metros según la base de datos de Fishbase. Se consideran especies depredadoras a aquellas con un grupo trófico igual o superior a 4 según el nivel trófico establecido en Fish Base.
- 3- Elasmobranquios (tiburones y rayas) se consideran especies focales a todos los tiburones y rayas indepen- dientemente de su tamaño y tipo de hábitat por ser un grupo en estado de amenaza, con elevada vulnerabili- dad y/o con pocos datos disponibles.

En el Anexo 1 se presenta una lista detallada de la mayoría de las especies reportadas en Costa Rica que cum- plen con alguna de esas 3 características y que son comunes de observar en hábitats costeros ya que esos son los ambientes que se propone monitorear con este Protocolo. Si en los monitoreos aparecen especies que no se encuentran en la lista y que cumplen con las condiciones mencionadas, éstas se pueden añadir utilizando Fish Base como referencia (https://www.fishbase.de/search.php).

• Clasificación de las especies focales en grupos funcionales

La clasificación de especies según grupos funcionales tiene como objetivo agrupar distintas especies según una selección de aspectos funcionales que influyen en el funcionamiento del ecosistema en lugar de según su taxonomía (Tilman 2001). El uso de grupos funcionales es cada vez más utilizado para estudiar la diversidad de los ecosistemas ya que simplifica los componentes integrantes de un sistema grande y complejo (Ladds et al. 2018).

En este caso se propone agrupar a las especies focales en grupos funcionales según su potencial rol como depredadores. La definición del rol ecológico de especies grandes y móviles representa todavía un reto para la ecología debido a las dificultades de estudio asociadas a su tamaño y amplio rango de distribución. Además, el rol ecológico puede variar según el estadio de vida en que se encuentre la especie en cuestión así como según la región, dependiendo de la composición de especies en el ecosistema. Con el fin de proporcionar una metodología simple y estandarizada se propone utilizar la **longitud total común reportada** (LT) de las éstas tienen en el ecosistema.

A continuación se presentan los grupos funcionales utilizados según la LT de las especies focales según las tallas presentadas en FishBase (https://www.fishbase.de/search.php). Los rangos de tallas de cada categoría de tamaño se establecieron según Roff et al. (2016).

- (1) **Depredadores tope** (>3 m LT): peces que alcanzan tamaños superiores a los 3 m LT. Usualmente son especies migratorias con amplios rangos de distribución, tienen pocos depredadores, y ocupan niveles tróficos altos, por lo que podrían ejercer una mayor influencia en la estructura y diversidad de las comunidades marinas (Roff et al. 2016). La mayoría de estas especies se encuentran en estado de amenaza según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Anexo 1).
- (2) **Depredadores grandes** (1 3 m LT): peces que ocupan niveles tróficos altos pero que son potenciales presas de especies más grandes (depredadores tope). Estas especies tienden a estar más asociadas a arrecifes coralinos o zonas costeras (Espinoza et al. 2014, 2019, Roff et al. 2016).
- (3) **Depredadores pequeños** (0.5 0.9 m LT): peces mesodepredadores de menor tamaño que suelen estar asociados a arrecifes, pero ocupan niveles tróficos más bajos (Espinoza et al. 2019). Se incluyen en este grupo también a los elasmobranquios (tiburones y rayas) de tamaño inferior a 0.5 m LT.
- (4) **Pelágicos filtradores**: peces pelágicos de TL igual o superior a 0.5 m que para alimentarse filtran plancton, krill u otros organismos microscópicos presentes en la columna de agua. Entran dentro de este grupo manta rayas, móbulas y tiburón ballena.
- (5) **Otros:** especies de interés que no cumplan con las condiciones especificadas para la selección de especies focales, como por ejemplo, tortugas y mamíferos marinos. La incorporación de esta categoría en el protocolo queda a discreción de los intereses y necesidades de cada área de estudio.

• Grupos funcionales indicadores

Dentro de los grupos funcionales descritos en la sección anterior, se seleccionan los **depredadores tope**, **depredadores grandes y pelágicos filtradores** como grupos funcionales indicadores (GFI) de este protocolo. Estos grupos se caracterizan por ser especies de gran tamaño, la mayoría de las cuales son afectadas por la fuerte presión pesquera. Además, estas especies han sido sugeridas como indicadores de la salud arrecifal y ecosistémica debido a la influencia que ejercen en la estructura y diversidad de las comunidades (Hearn et al. 2010, Ruppert et al. 2016). Por lo tanto, un incremento en la abundancia y biomasa de GFI se podría asociar con menor presión pesquera, y con estrategias de protección y conservación más efectivas (Stevens et al. 2000). Por lo tanto los indicadores propuestos en este protocolo miden la condición en la que se encuentran los GFI.

El único grupo funcional que no se utiliza como un grupo funcional indicador son los depredadores pequeños, ya que un aumento en abundancia o biomasa de este grupo podría no ser positivo ya que podría estar relacionado por una disminución de depredadores tope y grandes y por lo tanto con un ecosistema potencialmente menos saludable (Ferretti et al. 2010, Heupel et al. 2014). Medir cambios en la magnitud de GFI permite evaluar los indicadores de este protocolo siguiendo el sistema de evaluación propuesto por PRONAMEC donde un incremento en la magnitud de cada indicador se relaciona con una mejor condición del elemento focal monitoreado e indirectamente del ecosistema (ver Sección 6).

Especies clave

La mayoría de los indicadores propuestos en este protocolo miden la magnitud de los GFI. Sin embargo, esta clasificación no nos permite conocer como varía la magnitud de ciertas especies de interés. Por ejemplo, un aumento en el grupo de depredadores tope podría reflejar únicamente una mayor abundancia de tiburones tigre, sin embargo, otras especies que también son depredadores tope (tiburones martillo, tiburones sedoso, tiburones toro, etc.) podrían haber experimentado una reducción.

Para evitar perder información sobre especies importantes, este protocolo ofrece la posibilidad de seleccionar 4 especies clave de la lista de especies focales que sean de interés para el AMP o zona de estudio. De esta forma se propone que algunos indicadores puedan evaluarse no solo a nivel de GFI sino también de forma individual para cada especie clave según el interés del AMP o zona de estudio.

Se recomienda seleccionar especies que cumplan alguno de las siguientes condiciones: especie en estado de amenaza, con tendencias poblacionales en declive, de interés comercial y/o turístico, con un rol ecológico importante en los ecosistemas, endémicas y/o con distintivo evolutivo (especies filogenéticamente más evolucionadas con pocos grupos filogenéticamente cercanos). Por ejemplo: tiburón martillo (Sphyrna lewini), tiburón sedoso (Carcharhinus falciformis), tiburón tigre (Galeocerdo cuvier), tiburón toro (Carcharhinus leucas), manta gigante (Mobula birostris), atún aleta amarilla (Thunnus albacares), pez vela (Istiophorus platypterus), marlin negro (Istiompax indica), marlin rayado (Kajikia audax), marlin azul (Makaira mazara) y dorado (Coriphaena hippurus). Se recomienda que el proceso de selección se realice de la mano de expertos en el tema. Si hubiera interés de seleccionar más de 4 especies clave se podría hacer siempre y cuando se adaptara el documento Excel en donde se realiza el análisis e interpretación de datos.

La selección de especies clave se debe de especificar en el documento Excel asociado a este protocolo. En la primera pestaña del documento, llamada "Especies", hay una tabla con 4 espacios para seleccionar 4 especies clave. Esas 4 especies serán las que se evaluarán de forma automática en los indicadores correspondientes para todos los años. Si se modifican las especies elegidas, éstas se modificarán también para todos los indicadores y todos los años.

Resumen general de los indicadores

Con el fin de caracterizar los objetos de conservación de un AMP, llamados **elementos focales de manejo (EFM),** y fortalecer las estrategias de gestión y manejo hacia su conservación, se mide su **integridad ecológica** (Sección 2). Medir la integridad ecológica sirve para valorar si el AMP está cumpliendo los objetivos para los cuales fue creada a partir de los EFM establecidos en el Plan General de Manejo. Según la guía metodológica para la integridad ecológica elaborada por SINAC 2016b, la integridad ecológica se compone de tres categorías:

- 1. Tamaño: Es una medida del área o abundancia del EFM. El tamaño toma en cuenta el área de ocupación y el número de individuos. El área dinámica mínima, o el área necesaria para asegurar la supervivencia y restablecimiento de un EFM después de un disturbio natural, es otro aspecto del tamaño. Una disminución en el tamaño del EFM puede repercutir en la función y estructura trófica del ecosistema. Un ecosistema en desequilibrio es menos resiliente a efectos derivados de perturbaciones externas pudiendo llevar a la desaparición de especies amenazadas.
- **2. Condición (Composición y Estructura):** Es una medida integral de la composición, estructura e interacciones bióticas que caracterizan al EFM. Esto incluye factores como reproducción, estructura de edades, composición biológica, estructura biológica física y espacial e interacciones bióticas en las que el objeto de conservación interviene directamente.
- **3. Contexto paisajístico:** Es una medida integral de dos factores: los regímenes y procesos ambientales dominantes que establecen y mantienen la localización del objeto de conservación; y la conectividad. Los regímenes y procesos ambientales dominantes incluyen: química del agua, regímenes climáticos (temperatura, precipitación), disturbios naturales y otros aspectos ambientales que miden la relación o asociación entre el EFM y el hábitat. La conectividad mide el grado en que los paisajes facilitan o impiden el movimiento de recursos entre diferentes hábitats o comunidades e incluye factores tales como: acceso de las especies a los hábitats y recursos necesarios para completar su ciclo de vida, fragmentación de comunidades y sistemas ecológicos y la habilidad de cualquier elemento focal de manejo para responder a cambios ambientales mediante la dispersión, migración o recolonización.

Dentro de cada categoría se identifican los **atributos ecológicos clave (AEC)** que hacen posible que el elemento focal de manejo persista ya que influyen en las categorías anteriormente descritas. Los AEC son aquellos componentes que con mayor especificidad definen o caracterizan la distribución de los EFM o su variación en el espacio y el tiempo (SINAC 2016a).

Los AEC se miden de forma directa o indirecta mediante **indicadores**. Cada indicador hace referencia a la entidad cuantificable que se utiliza para evaluar el estatus y tendencia de los AEC. Los indicadores seleccionados deben de cumplir con las siguientes características de forma que sean útiles para medir integridad ecológica: relevantes desde el punto de vista ecológico, sensibles a estrés antropogénico, medibles y con una relación costo-efectividad baja. Hay que tener presente que los indicadores pueden mejorarse conforme se obtenga mayor conocimiento e información sobre los AEC identificados para cada EFM (SINAC 2016a). Los indicadores pueden utilizarse tanto dentro como fuera de AMPs.

Los AEC e indicadores seleccionados para medir la integridad ecológica del EFM "Grandes peces pelágicos y/o depredadores" se muestran en la Figura 1.

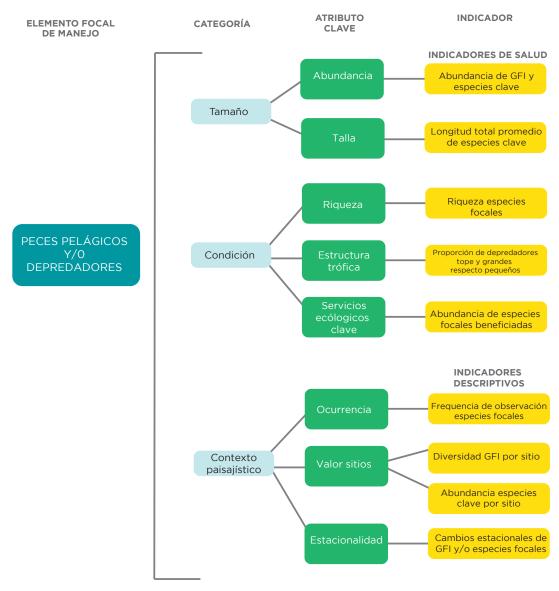


Figura 1. Indicadores de monitoreo incluidos en el protocolo para el elemento focal de manejo especies depredadoras y pelágicas.

Evaluación de Indicadores

En este protocolo todos los indicadores se obtienen mediante el uso de cámaras remotas submarinas (Sección 8). Es decir, los datos extraídos de los videos obtenidos servirán para la evaluación de todos los indicadores facilitando así la aplicación de este protocolo.

• Ámbito de variación permisible

Los EFM de los protocolos PRONAMEC se considerarán "conservados" cuando los AEC se mantienen dentro de cierto rango de variación en el espacio y tiempo. Cualquier indicador varía en el tiempo aún cuando se trate de ambientes que no han sufrido perturbación. Tal variación se encuentra limitada a un rango particular que reconocemos como rangos de variación natural y que permite la persistencia en el largo plazo de cada elemento focal de manejo. Los límites del rango de variación natural para cada especie se definen en los protocolos PRONAMEC como el **ámbito de variación permisible (AVP).** Las presiones antropogénicas pueden provocar que los indicadores muestren variaciones fuera del AVP representando una amenaza para la integridad del elemento focal de manejo (SINAC 2016a).

Este protocolo evalúa la integridad ecológica de grandes peces pelágicos y/o depredadores. Al ser un grupo que integra especies de distintas clases taxonómicas, los rangos de variación natural no se pueden estandarizar y además para muchas especies existe poca información al respecto. Por lo tanto, en este protocolo no se utiliza un rango específico para el AVP sino que éste se calcula comparando el valor promedio de cada indicador respecto el año anterior, el cual representará la línea base en cada caso. Para comparar si los promedios de los indicadores (3 desviación estándar) de cada año son significativamente diferentes del año anterior se realizará la prueba no paramétrica de la prueba T de Student conocida como prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney (Anexo 2). La variación en los resultados de cada indicador se interpreta de la siguiente forma.

Cuadro 1. Interpretación de resultados según el Ámbito de Variación Permisible (AVP)

AVP VARIACIÓN	RESULTADO ESTADÍSTICO	INTERPRETACIÓN
Valores significativamente mayores al año anterior	Valor estadístico z <-1.96 o > 1.96 con un incremento en la magnitud del indicador evaluado respecto la línea base (año anterior)	Indica un aumento significati- vo en la magnitud del indica- dor, y por lo tanto, una posible mejora en el estado de salud de los GFI o espe- cies clave
No hay diferencias significativas entre años	Valor estadístico z entre -1.96 y 1.96	Indica que no hubo cambios significativos en la magnitud del indicador, y por lo tanto, el estado de salud de los GFI o especies clave se mantiene estable
Valores significativamente menores al año anterior	Valor estadístico z <-1.96 o > 1.96 con una disminución en la magnitud del indi- cador evaluado respecto la línea base (año anterior)	Indica una disminución significativa en la magnitud del indicador, y por lo tanto, un empeoramiento en el estado de salud de los GFI o especies clave

De esta forma este protocolo pretende dar información a corto plazo para los tomadores de decisiones informando sobre los cambios temporales en la magnitud del elemento focal de manejo. Adicionalmente, se propone una revisión de los resultados cada 5 años con ayuda de expertos para evaluar tendencias poblacionales a partir del año 1 de monitoreo, identificar rangos de variación permisibles para especies de interés, así como relacionar los resultados con posibles impactos ambientales y/o antropogénicos (ver Sección 12).

Indicadores para el Monitoreo Ecólogico Marino

• Tipos de Indicadores

Los indicadores seleccionados en este protocolo se pueden dividir en dos grupos: "Indicadores de salud del sistema" e "Indicadores descriptivos".

- Indicadores de salud: miden cambios sobre los EFM (aumento o reducción significativa de los indicadores), los cuales se podrían asociar con la salud del ecosistema. El AVP permite evaluar si el estado de salud de cada grupo funcional mejora (color verde), se mantiene (color amarillo) o empeora (color rojo) (Figura 2)
- Indicadores descriptivos: indicadores que se monitorean con el fin de conocer aspectos importantes sobre la biología de las especies focales o sobre la importancia de los sitios de monitoreo. Este tipo de indicadores tratan de responder a preguntas como: ¿Cuál es el sitio con mayor abundancia o diversidad de especies?; ¿Cuál es la frecuencia de observación de cada especie?; ¿Cómo varía la abundancia de cada grupo funcional según las estaciones? Por lo tanto, para los indicadores descriptivos no se utiliza el AVP ya que un aumento o disminución de los elementos monitoreados no necesariamente se relacionan con el estado de salud del ecosistema, sino que dan a conocer información asociada a patrones de distribución y/o abundancia que pueden ser de interés para tomar decisiones. A pesar de que no se utiliza AVP, los indicadores descriptivos se pueden comparar entre años para entender como varían esos patrones a lo largo del tiempo y poder asociarlo al estado de salud del ecosistema.

Abundancia grupos funcionales indicadores y/o especies clave

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: GFI y especies clave		
CATEGORÍA: Tamaño ATRIBUTO CLAVE: Abundancia		
OBJETIVO: Determinar cambios en la abundancia del EFM como medida indirecta del estado de salud del mismo		
TIPO DE INDICADOR: Indicador de salud	AMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE: se muestra en el Cuadro 2	



Cuadro 2. Se muestra el ámbito de variación permisible según la abundancia del elemento focal de manejo (EFM) evaluado así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
Abundancia aumenta	El valor promedio de abundancia total del EFM evaluado es signif- icativamente mayor respecto al año anterior	Este indicador sugiere una posible mejora en el estado de salud del EFM. Si el aumento se mantiene a lo largo del tiempo, podría significar que algunas especies están logrando recuperarse de los efectos de la presión pesquera y/o que el AMP está protegiendo a este grupo de forma más efectiva. Sin embargo, el aumento de ciertas especies también podría estar relacionado con una disminución de sus depredadores dentro o fuera del AMP. Si se da un aumento en la abundancia de todos los grupos funcionales indicadores se esperaría que se viera reflejado en un ecosistema más saludable y resiliente.
Abundancia se mantiene	El valor promedio de abundancia total del EFM evaluado no presenta diferencias significativas respecto al año anterior	Este indicador sugiere que la abundancia del EFM se ha mantenido estable y por lo tanto se esperaría que su función ecológica no provocara cambios significativos en el ecosistema. Hay que tener presente que las perturbaciones que afectan negativamente a los EFM pueden seguir presentes en el ecosistema aunque su efecto todavía no se haya visto reflejado en cambios en la abundancia de los grupos evaluados.
Abundancia disminuye	El valor promedio de abundancia total del EFM evaluado es significativamente menor respecto a al año anterior	Este indicador sugiere una reducción en el estado de salud del EFM lo cual podría ser un indicador de presiones negativas dentro (en el caso de especies residentes) y/o fuera del área de estudio (en el caso de especies migratorias). Si el EFM sigue disminuyendo en el tiempo muy posiblemente sea porqué el efecto derivado de las presiones externas se mantiene o aumenta indicando así una baja efectividad de conservación en el área de estudio. Si las poblaciones del EFM disminuyen de forma severa se pueden desencadenar cambios permanentes en las comunidades marinas alterando el equilibro de todo el ecosistema.

Aspectos relevantes

Determinar cambios en la abundancia de grupos funcionales no nos permite evaluar si están ocurriendo cambios a nivel de especie. Por este motivo, este indicador se puede evaluar no solo a nivel de GFI sinó también a nivel de cada especie clave seleccionada (Sección 4).

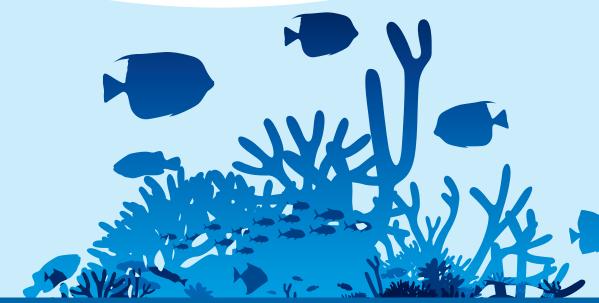
Detalle metodológico

Para obtener datos de abundancia a nivel de GFI o a nivel de especie clave se ubicarán cámaras remotas submarinas en distintos sitios de monitoreo durante un tiempo establecido (ver Sección 8 para ver el detalle metodológico). El análisis de los videos obtenidos nos permite contar a los individuos de cada especie focal y así extraer datos de **abundancia relativa o "MaxN". El MaxN se define como el máximo número de individuos de una misma especie que aparecen juntos en una misma toma del video.** Por ejemplo, imaginemos que a lo largo de un video he visto tiburones punta blanca en tres ocasiones distintas. En la primera ocasión apareció 1 individuo, en la segunda ocasión aparecieron 3 individuos y en la última ocasión aparecieron 2 individuos, el MaxN de esa especie sería igual a 3. Esta medida se considera una medida conservadora para calcular la abundancia relativa en el análisis de videos ya que evita contar los mismos individuos que puedan aparecer en distintas tomas del mismo video (Cappo et al. 2003).

En la Sección 8 se especifica como extraer el MaxN de los videos obtenidos en el campo. Al anotar los valores de MaxN de cada especie en la base de datos de Excel, se comparará de forma automática el promedio de MaxN de cada grupo evaluado en el presente año respecto el año anterior mediante la prueba estadística Wilcoxon-Mann-Whitney (Anexo 2) y se mostrará el resultado de forma automática en la pestaña correspondiente así como el AVP para cada año en forma de semáforo.

Abundancia grupos funcionales indicadores y/o especies clave

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: Especies clave		
CATEGORÍA: Tamaño ATRIBUTO CLAVE: Tallas		
OBJETIVO: Detectar cambios en el tamaño del EFM a lo largo del tiempo y utilizarlo como medida indirecta de presión pesquera		
TIPO DE INDICADOR: Indicador de salud	AMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE: se muestra en el Cuadro 3. Ver Figura 2 .	



Cuadro 3. Se muestra el ámbito de variación permisible según la abundancia del elemento focal de manejo (EFM) evaluado así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
La longitud total promedio aumenta	La longitud total promedio del EFM evaluado es significativamente mayor respecto al año anterior	Este indicador muestra un incremento en la longitud total promedio del EFM evaluado sugiriendo una mejora del estado de salud de éste. Se esperaría que estos resultados estuvieran relacionados con una mayor eficiencia del AMP en la protección de las especies evaluadas y/o una disminución en la presión pesquera.
El promedio de tallas se mantiene	La longitud total promedio del EFM evaluado no presenta diferencias significati- vas respecto al año anterior	Este indicador muestra que la longitud total promedio del EFM se ha mantenido estable a lo largo del tiempo. Esto sugiere que las presiones externas tales como la pesca no están incrementando para la especie clave evaluada Hay que considerar la posibilidad de que las perturbaciones que limitan el incremento del promedio de tallas del EFM pueden seguir presentes en el ecosistema aunque el efecto de éstas no ha incrementado y por lo tanto no se ha visto reflejado en los resultados del indicador.
El promedio de tallas disminuye	La longitud total promedio del EFM evaluado es significativamente menor respecto a al año anterior (Figura 2)	Este indicador muestra una reducción en la longitud total promedio del EFM sugiriendo una reducción en el estado de salud de éste. Una disminución del tamaño de los individuos a lo largo del tiempo se podría relacionar con una mayor presión pesquera dentro y/o fuera del AMP. Una reducción en la talla de especies de gran tamaño y lento crecimiento disminuye la capacidad reproductiva de las especies, dificultando la recuperación de sus poblaciones. Si el tamaño de los individuos disminuye de forma severa se pueden desencadenar cambios permanentes en las comunidades marinas alterando el equilibro de todo el ecosistema.

Aspectos relevantes

Cambios en el tamaño de los individuos dentro de un AMP ha sido ampliamente utilizado como medida indirecta de presión pesquera (Friedlander & DeMartini 2002, Stevenson et al. 2007). Los efectos de una mayor presión pesquera se reflejan en una disminución del tamaño de los individuos causando cambios en los índices demográficos y patrones evolutivos de las especies (Pauly & Palomares 2005, Bradshaw et al. 2008). Eso es debido a que la sobrepesca no permite que los individuos alcancen su máxima talla y por lo tanto predominan estadios sub-adultos o juveniles. Uno de los grupos más afectados son los peces grandes que tardan en crecer y en madurar, como los tiburones. Por lo tanto, medir cambios en la estructura de tallas de las poblaciones es importante para evaluar el estado de salud de las especies, y se puede utilizar como medida indirecta de presión pesquera.

Detalle metodológico

Para este indicador se deberán de anotar las tallas de todos los individuos pertenecientes a las especies clave que se observen en el video. Es importante recordar que las especies clave se seleccionan de forma manual en la primera pestaña del Excel (pestaña "Especies") asociado a este protocolo.

Para poder medir el tamaño de los individuos se propone utilizar un brazo en forma de T con un tamaño de 25cm a cada lado (50 cm de longitud total) justo delante de la cámara. De esta forma el observador podrá estimar la talla de los individuos que pasen cerca del brazo en forma de T y clasificarlos según los siguientes rangos de tallas en centímetros: 0-50, 51-100, 101-150, 151-200, 201-250, 251-300, >300. Se proponen rangos de longitud amplios para disminuir la subjetividad asociada a la técnica de monitoreo. En ese sentido, se debe de considerar que posibles cambios en el promedio de tallas se podrán evaluar de forma más evidente con el paso del tiempo y no de un año para otro. Solamente se podrán medir aquellos individuos que pasen a una distancia corta de la cámara y en posición lateral (mostrando la longitud total de su cuerpo) de forma que se permita determinar claramente su tamaño. Para aquellos individuos que pasen lejos de la cámara (> 3m aproximadamente), y por lo tanto no se pueda estimar de forma confiable su tamaño aproximado, deberá de registrarse por lo menos su presencia.

Si se quiere medir la longitud total de los peces de forma más robusta se sugiere el uso de dos cámaras por estación remota submarina en lugar de una (sistema estéreo). El uso del sistema estéreo implica la calibración de las cámaras en una piscina antes de realizar el trabajo de campo así como el análisis de los videos mediante un software específico (software CAL de SeaGIS©) u otros softwares creados para el mismo fin. Además se necesita anclar las cámaras a la estación para garantizar que éstas no se muevan, de lo contrario estas deberán calibrarse de nuevo. A pesar de que sea un método más confiable para medir tallas, su aplicación conlleva más tiempo de preparación, un mayor gasto económico (\$6000 para el sistema de calibración y el software) y una mayor capacitación por parte de los observadores. Para más detalles sobre el uso de cámaras remotas submarinas mediante sistema estéreo ver Johansson et al. 2008.

De MaxN de cada especie en la base de datos de Excel, se comparará de forma automática el promedio de MaxN de cada grupo evaluado en el presente año respecto el año anterior mediante la prueba estadística Wilcoxon-Mann-Whitney (Anexo 2) y se mostrará el resultado de forma automática en la pestaña correspondiente así como el AVP para cada año en forma de semáforo.

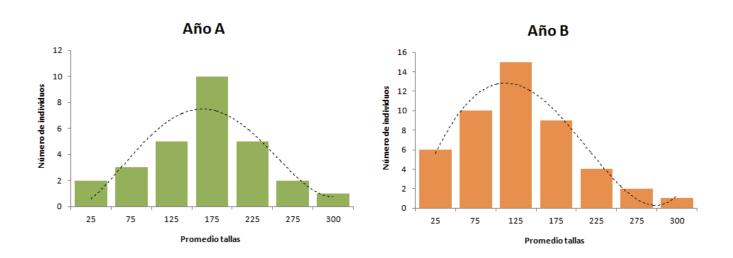


Figura 2. Gráficos de frecuencias de tallas (en cm) de la misma especie en dos años distintos. Se muestra una disminución del promedio de tallas registrado del año A al año B.

Riquesa Especies Focales

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: Especies focales (Anexo 1)

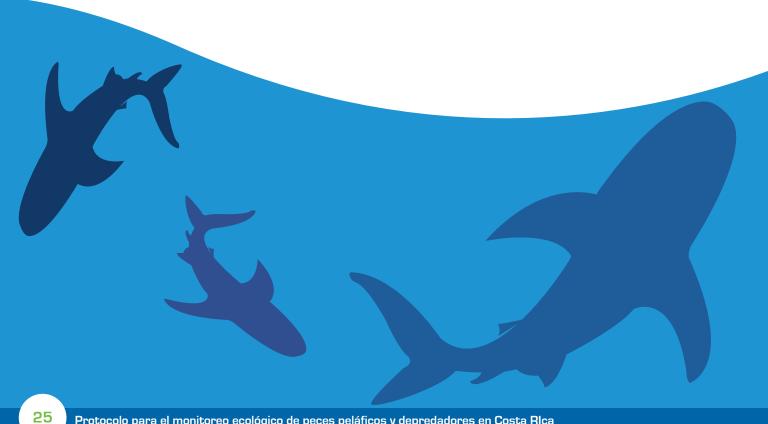
ATRIBUTO CLAVE: Riqueza CATEGORÍA: Condición

OBJETIVO: Determinar cómo varía el número de especies focales clasificadas en grupos

funcionales en el área de estudio.

AMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE: TIPO DE INDICADOR: Indicador de salud

se muestra en el Cuadro 4.



Cuadro 4. Se muestra el ámbito de variación permisible según la riqueza del elemento focal de manejo (EFM) evaluado así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
Riqueza aumenta	El valor promedio de riqueza del EFM evalua- do es significativa- mente mayor respecto al año anterior	Este indicador muestra un incremento en la riqueza del EFM evaluado sugiriendo una mejora del estado de salud de éste. Si el incremento en el número de especies reportadas persiste en el tiempo podría ser indicativo de una recuperación del estado de salud del ecosistema relacionada con una disminución en el grado de presión de factores de impacto (pesca, Fenómeno del Niño, etc.). Además, un aumento en la riqueza de especies depredadoras tope y grandes podría indicar que el área reúne las condiciones necesarias para sostener una mayor diversidad de especies de niveles tróficos altos que necesitan una elevada abundancia de presas y por lo tanto es indicativo de salud del ecosistema.
Riqueza se mantiene	El valor promedio de riqueza total del EFM evaluado no presenta diferencias significati- vas respecto al año anterior	Este indicador sugiere que la riqueza del EFM se ha mantenido estable y por lo tanto se esperaría que el papel que estas especies ejercen en el ecosistema se mantenga también estable. Sin embargo hay que evaluar si hubo recambio de especies dentro de los grupos funcionales evaluados y cuáles podrían ser los posibles efectos en el ecosistema.
Riqueza disminuye	El valor promedio de riqueza total del EFM evaluado es significati- vamente menor respec- to a al año anterior	Este indicador sugiere una reducción en el número de especies presentes del EFM evaluado lo cual podría estar relacionado con impactos naturales (Fenómeno del Niño), variaciones en factores ambientales (temperatura, productividad, etc.), impactos antropogénicos (pesca, extracción, contaminación, etc.) o bien con interacciones inter-específicas (competencia con otro depredador, disminución de presas, etc.) que están afectando negativamente a algunas especies. La ausencia de especies clave puede desencadenar efectos negativos en todo el ecosistema.

Aspectos relevantes

Los peces juegan un papel muy importante en los arrecifes coralinos, ya que poseen una gran diversidad de funciones. La riqueza de especies es un indicativo de la diversidad y estado de salud del arrecife, y puede ser interpretado como un indicador de fuentes de presión sobre el ecosistema (Espinoza & Salas 2005). Un arrecife o ecosistema saludable mantiene poblaciones ícticas diversas con presencia de especies depredadoras, las cuales representan además fuentes económicas importantes para actividades turísticas (Gallagher & Hammerschlag 2011).

Este indicador evalúa cambios en la riqueza de cada grupo funcional, por lo que los resultados presentados mediante el AVP no reflejan si hubo recambio de especies en el ecosistema (sustitución de unas especies por otras). Es importante evaluar los resultados de este indicador de forma más detallada para determinar si la sustitución de unas especies por otras dentro de un grupo funcional podría tener repercusiones en el ecosistema. Eso es especialmente importante en el caso de los depredadores tope donde las especies pueden ejercer un efecto directo en el comportamiento y abundancia de sus presas.

• Detalle metodológico

Los datos de riqueza de especies por grupo funcional y por año se extraerán de forma automática a partir de los datos de abundancia relativa (Indicador 1) registrados en la hoja de Excel (Sección 9). Automáticamente estos datos se compararán con los datos del año anterior mediante la prueba estadística correspondiente y se mostrará el AVP para cada año en forma de semáforo (ver Sección 9).

Proporción depredadores tope y grandes respecto a pequeños

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: Depredadores tope, grandes y pequeños (Anexo 1)

CATEGORÍA: Condición

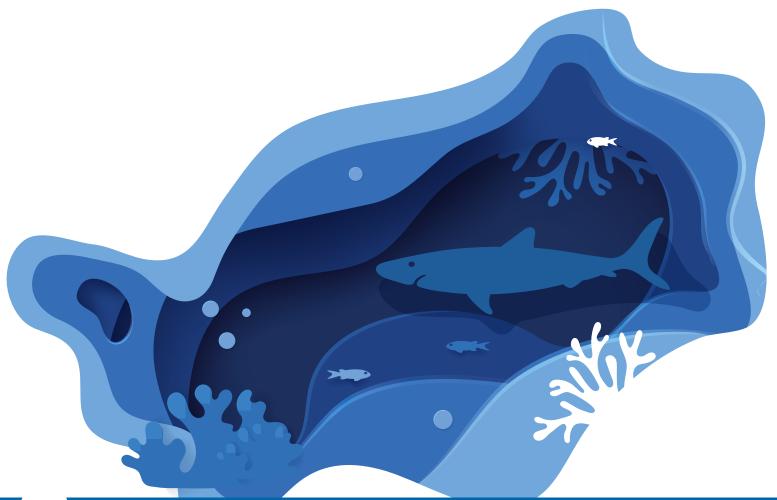
ATRIBUTO CLAVE: Estructura trófica

OBJETIVO: Determinar la proporción existente entre la abundancia de depredadores de mayor tamaño y los depredadores más pequeños, para evaluar la estructura trófica de las comunidades presentes en el ecosistema e identificar posibles cambios a lo largo del tiempo.

TIPO DE INDICADOR: Indicador de salud

AMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE:

se muestra en el Cuadro 5.



Cuadro 5. Se muestra el ámbito de variación permisible según la proporción de los depredadores tope y grandes respecto a los pequeños así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
Proporción aumenta	El valor promedio de la proporción entre la abundancia de depredadores tope y grandes respecto a depredadores pequeños es significativamente mayor respecto al año anterior	Este indicador indica una mayor abundancia de especies de depredadores tope y grandes en relación a la abundancia de los depredadores pequeños lo cual podría ser indicativo de un ecosistema más saludable. Se esperaría que un aumento de este indicador en el tiempo se relacionara con una protección efectiva en el AMP o área de estudio. Sin embargo, los resultados también podrían estar relacionados con un incremento en las amenazas fuera del AMP.
Proporción se mantiene	El valor promedio de la proporción entre la abundancia de depredadores tope y grandes respecto a depreda dores no presenta diferencias significativas respecto el año anterior	Este indicador sugiere que la abundancia de especies de depredadores tope y grandes en relación a la abundancia de los depredadores pequeños se ha mantenido estable. Si esta relación se mantiene estable en el paso del tiempo se esperaría que la influencia que ejercen especies depredadoras tope sobre especies meso-depredadoras se mantenga también estable. Si estos resultados se deben a una protección efectiva en el AMP o área de estudio se esperaría que este indicador aumentara con el paso del tiempo. Sin embargo, los resultados también podrían estar relacionados con un incremento en las amenazas fuera del AMP.
Proporción disminuye	El valor promedio de la proporción entre la abundancia de depredadores tope y grandes respecto a depredadores pequeños es significativamente menor respecto al año anterior	Este indicador muestra una disminución de la abundancia de depredadores tope y grandes en relación a la abundancia de depredadores pequeños, lo cual podría estar directamente relacionado con efectos de la presión pesquera dirigida a especies de gran tamaño. A medida que la proporción entre estos dos grupos disminuye con el paso del tiempo, será más difícil la recuperación de las poblaciones de gran tamaño y más probable que afecte a especies de menor tamaño desencadenando así una cascada trófica que impactaría negativamente la salud del ecosistema.

Aspectos relevantes

La presencia de especies depredadoras en un ecosistema afecta a otras especies de niveles tróficos más bajos. Los depredadores de gran tamaño suelen tener más influencia en los patrones estructurales de la comunidad afectando el comportamiento, distribución, composición y diversidad de sus presas. Por ese motivo la disminución de depredadores de gran tamaño resulta en efectos indirectos tales como el incremento de sus presas ("mesopredator release") desencadenando cascadas tróficas que resultan en la degradación de los ecosistemas (Stevens et al. 2000, Heupel et al. 2014) Este indicador pretende medir cambios en la proporción de la abundancia de depredadores tope y grandes en relación a depredadores pequeños como medida para detectar posibles cambios que estén ocurriendo en la estructura trófica de las comunidades.

Detalle metodológico

La proporción entre la abundancia de depredadores tope y grandes respecto a los depredadores pequeños se extraerá de forma automática a partir de los datos de abundancia relativa (Indicador 1) registrados en la hoja de Excel. Automáticamente los resultados para este indicador se compararán con los datos del año anterior mediante la prueba estadística correspondiente y se mostrará el AVP para cada año en forma de semáforo (Sección 9).

Abundancia de especies focales beneficiadas

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: especies focales que se benefician de servicios ecológicos clave.

CATEGORÍA: Condición

ATRIBUTO CLAVE: Servicios ecológicos clave (SEC)

OBJETIVO: Objetivo: evaluar la permanencia de servicios ecológicos clave que deben

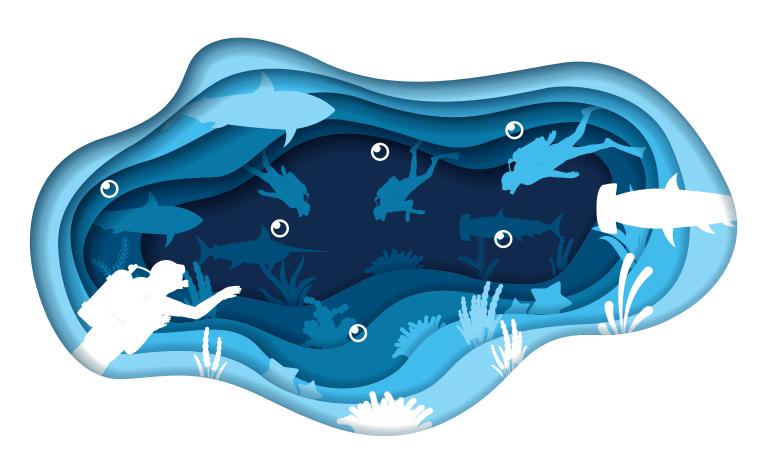
mantenerse con el paso del tiempo para asegurar la viabilidad de las

especies focales.

TIPO DE INDICADOR: Indicador de salud

AMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE:

se muestra en el Cuadro 6.



Cuadro 6. Se muestra el ámbito de variación permisible según la abundancia de especies focales que se benefician de servicios ecológicos clave así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
Abundancia aumenta	La abundancia de espe- cies focales es significa- tivamente mayor respecto al año anterior	Este indicador indica una mayor abundancia de especies focales beneficiándose de los servicios ecológicos clave presentes en el área. Un aumento de este indicador en el tiempo se podría relacionar con un mejor estado de salud de las especies involucradas. Se asume, por lo tanto, que se está ejerciendo una protección efectiva en el AMP o área de estudio.
Abundancia se mantiene	La abundancia de espe- cies focales es no presenta diferencias significativas respecto el año anterior	Este indicador sugiere que la abundancia de especies focales beneficiándose de los servicios ecológicos clave se ha mantenido estable. Si este estado permanece en el tiempo se asume que los servicios ecológicos clave siguen en funcionamiento más sin embargo se esperaría que bajo medidas de manejo efectivas la magnitud de este indicador aumentara con el tiempo. Sin embargo, los resultados también podrían estar relacionados con un incremento en las amenazas fuera del AMP.
Abundancia disminuye	La abundancia de especies focales es significativamente menor respecto al año anterior	Este indicador sugiere que la abundancia de especies focales beneficiándose de los servicios ecológicos clave ha disminuido lo podría estar relacionado tanto con impactos antropogénicos (pesca, destrucción del hábitat, presión turística, etc.), ambientales (incremento de temperatura, cambios en las corrientes, etc.) o biológicos (presencia de depredadores, competencia, etc.). Se deberá de evaluar cuales son las posibles causas y ejercer medidas de manejo efectivas para promover que los servicios ecológicos clave sigan beneficiando a las especies involucradas.

Aspectos relevantes

Los servicios ecológicos clave (SEC) se definen en este protocolo como aquellos procesos ecológicos que se dan en los ecosistemas marinos necesarios para el bienestar y/o supervivencia de las especies involucradas. Algunos ejemplos de servicios ecológicos clave que se podrían considerar en este protocolo son los siguientes:

- Estaciones de limpieza: relación simbiótica entre dos o más especies, donde individuos de la(s) especie(s) limpiadora(s) se agregan para eliminar los parásitos de especies de mayor tamaño. Un ejemplo bien conocido de esta interacción simbiótica se da entre peces mariposa (Johnrandallia nigrirostris) o peces ángel (Holocantus passer) y los tiburones martillo (Ketchum et al. 2014). Sin embargo, también se han reportado estaciones de limpieza para otras especies de elasmobranquios y meso-depredadores (O Shea et al. 2010, Oliver et al. 2011)
- Zonas de crianza: sitio utilizado por ciertas especies para dar luz a sus crías. Una zona de crianza para tiburones y rayas debe de cumplir con 3 condiciones: (1) se encuentran más individuos en esa área que en áreas adyacentes, (2) existe una cierta fidelidad al sitio por lo que las hembras regresan de forma repetida al mismo sitio para tener a sus crías y (3) el área se utiliza como zona de crianza de forma repetitiva durante años (Heupel et al. 2007). Este tipo de áreas suelen encontrarse en zonas costeras o estuarinas con visibilidad reducida por lo que podría necesitarse de otras técnicas de monitoreo distintas a las cámaras remotas submarinas con carnada.
- Zonas de agregación: agregaciones de muchos individuos de una misma especie con un fin biológico. A pesar de que estos comportamientos son poco frecuentes y se conoce poco de las causas asociadas, algunas de las explicaciones se relacionan con fines de alimentación, reproducción o refugio así como para conservar energías y permitir otro tipo de interacciones sociales (Economakis & Lobel 1998). Un ejemplo de estas agregaciones se da en los tiburones ballena y tiburones nodriza en zonas tropicales o temperadas las cuales se asocian con cambios en factores oceanográficos (Wilson et al. 2001).

Los SEC anteriormente descritos suelen suceder en un mismo sitio permitiendo así el monitoreo de éstos con el paso del tiempo. Muchas especies de peces grandes dependen de esos SEC para su supervivencia por lo que medir la permanencia de dichos procesos es crítico para asegurar un efectivo manejo. En muchas ocasiones se desarrolla una industria turística alrededor de estos fenómenos, por lo que es importante determinar cuál es la presión de uso permitida que no afecta al desarrollo natural de las interacciones entre los animales involucrados.

Detalle metodológico

Para obtener datos de este indicador se deberán ubicar las cámaras remotas submarinas en el sitio específico donde se desarrollan los SEC. En algunos casos será necesario colocar las estaciones con las cámaras mediante equipo de buceo autónomo para asegurarse de que las cámaras capturan a las especies focales de forma correcta. Ese es el caso de las estaciones de limpieza las cuales ocurren en sitios específicos difíciles de ubicar desde la embarcación.

Una vez obtenido los videos se deberán de contar la cantidad de individuos de la especie focal beneficiada siempre y cuando haya evidencias de que los SEC están activos según el caso: (1) en estaciones de limpieza se contarán la cantidad de individuos que se observan siendo limpiados por lo menos por un pez; (2) en zonas de crianza se contarán la cantidad de crías (el tamaño de las crías varía según la especie por lo que se deberá de buscar el dato mediante revisión literaria o apoyo de expertos); (3) en zonas de agregación se contarán la cantidad de individuos agregados. En todos los casos solamente se registrará abundancia relativa o MaxN (ver Sección 9)

El número de réplicas necesarias para evaluar este indicador deberá de asignarse según la extensión del área en la que ocurre dicho evento y la cantidad de veces que ocurre al año. Se recomienda un mínimo de 8 réplicas (o cámaras) por cada estación (seca y lluviosa) en el sitio/s donde se encuentran presentes los SEC. En ese caso se obtendrín 16 réplicas al año asociadas con este indicador. Si el SEC se está desarrollando en un solo lugar, entonces las cámaras podrán de colocarse en un mismo sitio respetando una separación mínima de 300 metros. Si dicha separación no es posible debido al reducido tamaño del sitio, entonces las cámaras deberán colocarse en días distintos en un mismo lugar.

A la hora de rellenar la variable "Réplica" en la hoja "Datos Campo" del Excel asociado a este protocolo, es importante considerar que las réplicas asociadas a este indicador no se añaden a las réplicas que se recomiendan obtener al año (n = 64), sino que representan réplicas adicionales. Por lo tanto, las réplicas asociadas a este indicador se numerarán con las iniciales "SEC" seguido del número de réplica. Por ejemplo: SEC1, SEC2, etc. Idealmente, una AMP que quiera aplicar este indicador deberá de obtener un total de 80 réplicas en un año (64 réplicas estándares y 16 réplicas en sitio/s con SECs). El número de réplicas totales en cada AMP sin embargo puede modificarse de ser necesario siempre y cuando se realicen las modificaciones necesarias en el documento Excel de la mano de un/a experto/a.

Frecuencia de observación de las especies focales

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: Especies focales (Anexo 1)

CATEGORÍA: Contexto paisajístico ATRIBUTO CLAVE: Distribución y ocurrencia

OBJETIVO: Medir la frecuencia en la que se observan las especies focales durante los monitoreds

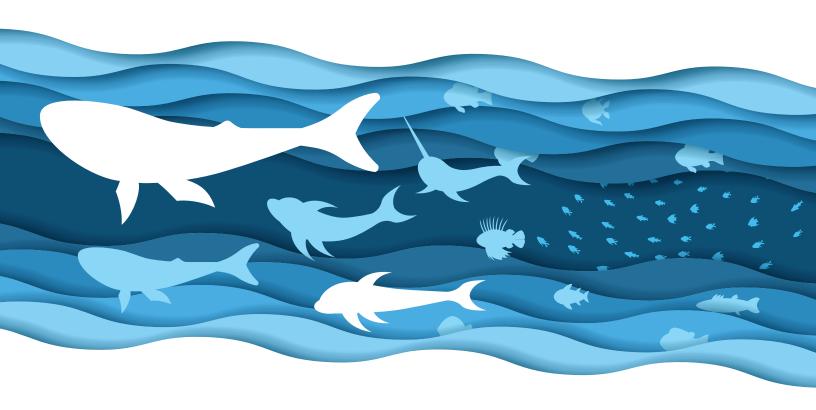
para determinar el grado de ocurrencia y asociarlo con el rango de distribución

de las especies

TIPO DE INDICADOR: Descriptivo

AMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE:

se muestra en el Cuadro 7.



Cuadro 7. Se muestran las categorías descriptivas según la frecuencia de observación del elemento focal de manejo así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
Especies frecuentes	Frecuencia de observación igual o superior al 66%	Este indicador muestra registros de presencia de la especie en la mayoría de las réplicas (estaciones con cámaras) obtenidas en un año. Estos resultados indican que la especie es frecuente, que está presente en las dos estaciones del año (seca y lluviosa) y que presenta un patrón de distribución amplio en relación al tamaño del área de estudio.
Especies ocasionales	Frecuencia de observación entre 33% y 66%	Este indicador muestra registros de presencia de la especie en algunas de las réplicas (estaciones con cámaras) obtenidas en un año. Se encuentran en este grupo especies que podrían tener una menor atracción hacia la carnada (especies no carnívoras), así como especies con una distribución limitada al estar asociadas a hábitats o sitios específicos (por ejemplo, en hábitats pelágicos, arrecifes coralinos, pináculos). Además podríamos estar hablando de especies migratorias que visitan el área de forma estacional.
Especies raras	Frecuencia de observación igual o menor al 33%	Este indicador muestra registros de ausencia de la especie en la mayoría de las réplicas (estaciones con cámaras) obtenidas en un año. Se encuentran en este grupo especies raras con un rango de distribución muy limitado o especies sujetas a estacionalidad.

• Detalle metodológico

Para obtener datos de este indicador se deberán ubicar las cámaras remotas submarinas en el sitio específico donde se desarrollan los SEC. En algunos casos será necesario colocar las estaciones con las cámaras mediante equipo de buceo autónomo para asegurarse de que las cámaras capturan a las especies focales de forma correcta. Ese es el caso de las estaciones de limpieza las cuales ocurren en sitios específicos difíciles de ubicar desde la embarcación.



INDICADOR 7

Diversidad de grupos funcionales indicadores por sitio

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: grupos funcionales indicadores o GFI (depredadores tope, depredadores grandes y pelágicos filtradores) (Anexo 1)

CATEGORÍA: Contexto paisajístico ATRIBUTO CLAVE: Contexto paisajístico

OBJETIVO: Determinar la importancia de los sitios, hábitats o zonas de monitoreo (según lo seleccionado en cada área de estudio) midiendo la diversidad (abundancia

y riqueza) de GFI en cada uno de éstos (Figura 3)

TIPO DE INDICADOR: Descriptivo

CATEGORÍAS DESCRIPTIVAS: se muestra en el Cuadro 8.



Cuadro 8. Se muestran las categorías descriptivas según la abundancia de los grupos funcionales indicadores así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
No destaca	Sitio, hábitat o área donde se registra un promedio de abundancia y de rique- za de grupos funcionales indicadores inferior al promedio de abundancia y riqueza respectiva del total registradas. Se deben cumplir ambas condiciones	Sitios, hábitats o áreas con poca abundancia o riqueza del EFM. Son sitios donde posiblemente no se encuentren las condiciones necesarias para sustentar la presencia de estas especies. Hay que tener en cuenta que estos sitios podrían ser importantes para la conservación de otras especies no evaluadas en este protocolo.
Importante	Sitio, hábitat o área donde se registra un promedio de abundancia o de riqueza de grupos funcionales indicadores igual o superior al promedio de abundancia y riqueza respectiva total registrada. Se debe cumplir una de las dos condiciones	Sitios, hábitats o áreas que destacan por mantener niveles altos de abundancia o riqueza del EFM. Son sitios importantes para mantener el estado de salud de las poblaciones de estas especies en el área de estudio por lo que se recomienda seguir monitoreándolos.
Clave	Sitio, hábitat o área donde se registra un promedio de abundancia y de riqueza de grupos funcionales indicadores superior al promedio de abundancia y riqueza respectiva total registrada. Se deben cumplir ambas condiciones.	Sitios, hábitats o áreas que destacan por mantener niveles altos de abundancia y riqueza del EFM. Se infiere que estos sitios reúnen las condiciones necesarias para mantener la presencia de estas especies proporcionando espacios importantes para el refugio, limpieza, alimentación o reproducción de las especies focales. Se recomienda seguir monitoreando estos sitios a lo largo del tiempo y establecer medidas de manejo especiales. En caso de que sean sitios turísticos se recomienda evaluar la intensidad de uso que recae sobre éstos con el fin de buscar el equilibrio entre los intereses de conservación y los recreativos, sin que se vea afectado el ecosistema.

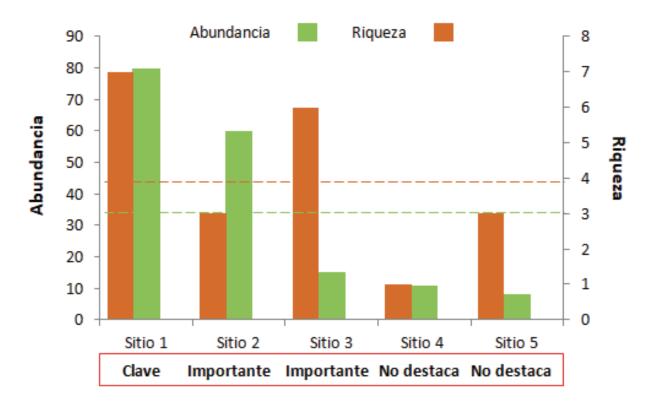


Figura 3. Representación gráfica de las categorías descriptivas para el Indicador 6 (Sitios clave). Las líneas discontinuas representan el promedio total de abundancia registrada (color verde) y el promedio total de riqueza de especies (color anaranjado) en el área de estudio.

Aspectos relevantes

Las poblaciones de grandes peces pelágicos y depredadores no están distribuidas de forma homogénea en el ecosistema (Rizzari et al. 2014). Mientras algunas especies presentan una mayor ocurrencia o abundancia en ciertos sitios o hábitats (Garla et al. 2006; Murchie et al. 2010; Bond et al. 2012), otras presentan una distribución más amplia en una gran variedad de hábitats (Heupel et al. 2010; Chin et al. 2013; Espinoza et al. 2014). El incremento en la presión pesquera, pérdida/degradación del hábitat, contaminación y cambio climático son las principales amenazas que afectan las poblaciones de especies pelágicas y grandes depredadores, por lo cual, resulta crucial identificar zonas críticas o hábitats esenciales para mejorar el manejo de especies vulnerables (Heupel & Simpfendorfer 2014).

Para evaluar la importancia biológica de los distintos sitios o hábitats en la zona de estudio se mide la diversidad biológica (variedad de seres vivos) que existe en cada uno de éstos. Para obtener datos sobre diversidad biológica se mide la abundancia relativa (cantidad de individuos de cada especie) y la riqueza (número de especies) registrados en cada sitio de monitoreo. A mayor abundancia y riqueza de especies en un sitio, éste se considera más diverso y por lo tanto más estable y resiliente (mayor capacidad de volver a su estado natural tras una perturbación).

Detalle metodológico

Para la correcta evaluación de este indicador vamos a crear dos variables nuevas en la base de datos adjunta a este protocolo (ver Tablas 3 y 4):

- **1-Zonificación:** cada sitio de monitoreo se puede identificar de forma individual según su nombre o bien se pueden agrupar varios sitios de monitoreo según ciertas condiciones que permitan relacionar los resultados obtenidos con aspectos de interés. A continuación se presentan algunos ejemplos:
- **a. Tipos de hábitat:** arrecife coralino, arena, roca, pináculo rocoso, pastos marinos, mantos de rodolitos, etc. En este caso se quiere relacionar el tipo de hábitat con la diversidad de especies presentes.
- **b. Ubicación: norte, sur, este, oeste**. En este caso se entiende que la ubicación de los sitios de monitoreo en cada zona puede condicionar las características biológicas presentes (por ejemplo por mayor o menor exposición a corrientes, viento y oleaje).
- **c. Actividades permitidas:** zona restringida, zona turística, zona de investigación, zona de pesca. En este caso podría existir interés de comparar los distintos sitios de monitoreo según las actividades permitidas.

Se recomienda asesoría de expertos/as para elegir cuál es la mejor forma de agrupar los sitios de monitoreo ("Zonificación") según las características ecológicas presentes en la zona de estudio y según los intereses para el manejo de los recursos presentes.

Una vez se haya decidido se deberá de añadir en la columna de "Zonificación" de la base de datos Excel (hoja "Datos Campo") la categoría correspondiente a cada una de las réplicas obtenidas en el campo (Tabla 3).

2- Abundancia relativa estandarizada (MaxN hr-1): se obtiene al dividir la suma total de la abundancia relativa (MaxN) de las especies consideradas GFI (calculada en el indicador 1) entre el tiempo efectivo del video. De esta forma las diferencias que puedan existir en cuanto al tiempo de video obtenido en cada zona de monitoreo no afectaran a nuestros resultados. La MaxN hr-1 se calcula de forma automática a partir de la información asociada a los datos de abundancia relativa registrados en la hoja de Excel (Sección 9).

Al completar la base de datos de Excel con estas dos variables, los resultados del indicador se analizarán de forma automática y se mostrarán en la pestaña correspondiente de este indicador.

INDICADOR 8

Abundancia de especies claves por sitio

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: Especies clave (Anexo 1)

CATEGORÍA: Contexto paisajístico ATRIBUTO CLAVE: Sitios clave

OBJETIVO: Determinar la importancia de los sitios, hábitats o zonas de monitoreo

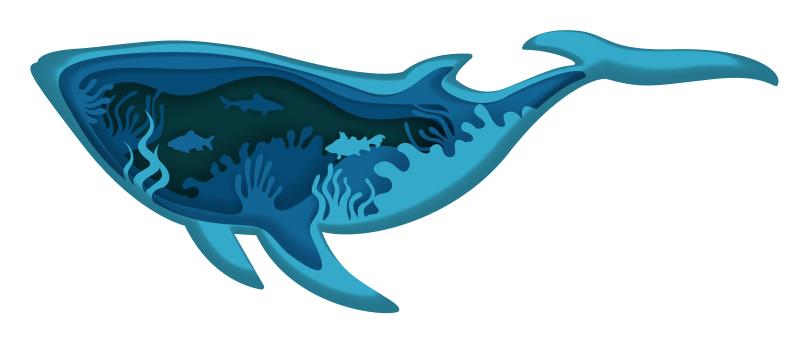
(según lo seleccionado en cada área de estudio) midiendo la

abundancia de especies clave

TIPO DE INDICADOR: Descriptivo

CATEGORÍAS DESCRIPTIVAS:

se muestran en el Cuadro 9. Ver representación gráfica en la Figura 4.



Cuadro 9. Se muestran las categorías descriptivas según la abundancia del elemento focal de manejo así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN	
No destaca	Sitio, hábitat o área donde se registra un promedio de abundancia de la espe- cie clave inferior al promedio de abundancia registrada total para esa especie	Sitios, hábitats o áreas con poca abundancia del EFM. Son sitios donde posiblemente no se encuentren las condiciones necesarias para sustentar la presencia de la especie clave evaluada. Hay que tener en cuenta que estos sitios podrían ser importantes para la conservación de otras especies no evaluadas en este protocolo.	
Importante	Sitio, hábitat o área donde se registra un promedio de abundancia de la especie clave supe- rior al promedio de abun- dancia registrada total para esa especie.	Sitios, hábitats o áreas que destacan por mantener niveles altos de abundancia del EFM. Son sitios importantes para mantener el estado de salud de las poblaciones de estas especies en el área de estudio por lo que se recomienda seguir monitoreándolos.	
Sitio, hábitat o área donde se registra un promedio de abundancia de la especie clave superior al doble del promedio de abundancia registrada total para esa especie.		Sitios, hábitats o áreas que destacan por mantener niveles altos de abundancia del EFM. Se infiere que estos sitios reúnen las condiciones necesarias para mantener la presencia de esta especie clave proporcionando espacios importantes para el refugio, limpieza, alimentación o reproducción de ésta. Se recomienda seguir monitoreando estos sitios a lo largo del tiempo y establecer medidas de manejo especiales. En caso de que sean sitios turísticos se recomienda evaluar la intensidad de uso que recae sobre éstos con el fin de buscar el equilibrio entre los intereses de conservación y los recreativos, sin que se vea afectado el ecosistema.	

Aspectos relevantes

Este indicador pretende identificar aquellos sitios que son importantes para una especie en particular dentro del AMP o el área de estudio los cuales no pueden identificarse con el Indicador 7. El Indicador 7 evalúa la importancia de los sitios según la abundancia total de GFI por lo que no permite identificar aquellos sitios de importancia ecológica para ciertas especies de interés.

• Detalle metodológico

Seguir el mismo procedimiento establecido en el Indicador 7.

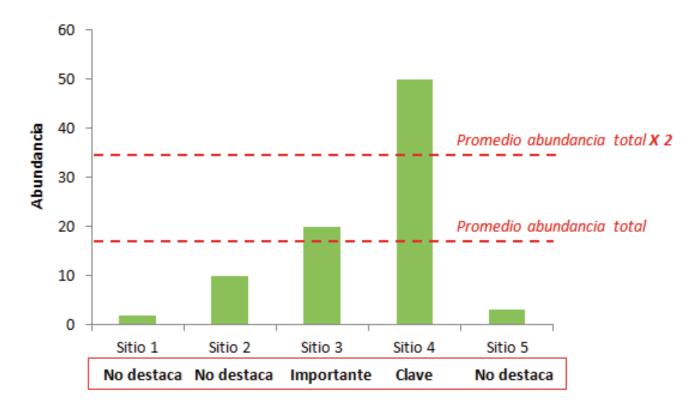


Figura 4. Representación gráfica de las categorías descriptivas para el Indicador 8. Las líneas discontinuas representan el promedio total de abundancia registrada total así como el doble de ese promedio total.

INDICADOR 9

ACambios estacionales en la abundancia de grupos funcionales indicadores y/o especies clave

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO: grupos funcionales indicadores o GFI (depredadores tope, depredadores grandes y pelágicos filtradores) y/o especies clave

CATEGORÍA: Contexto paisajístico ATRIBUTO CLAVE: Estacionalidad

OBJETIVO: detectar variación estacional de la abundancia del elemento focal de manejo

para determinar el grado de estacionalidad que le corresponde

TIPO DE INDICADOR: Descriptivo

CATEGORÍAS DESCRIPTIVAS:

(Cuadro 10)



Cuadro 10. Se muestran las categorías descriptivas según la abundancia del elemento focal de manejo así como su significado e interpretación.

AVP VARIACIÓN	SIGNIFICADO	INTERPRETACIÓN
Variación estacional alta	La abundancia del EFM es significativamente diferente entre estaciones	El EFM evaluado presenta una abundancia mayor durante una época del año. Si este patrón se repite con el paso del tiempo muy posiblemente signifique que las especies involucradas utilizan el AMP o zona de estudio de forma parcial. En el caso de AMPs, eso implica que las especies están sujetas a mayores impactos antropogénicos durante el tiempo que permanecen fuera del límite de protección dificultando las estrategias de manejo. En estos casos se recomienda identificar hábitats críticos dentro del AMP así como los periodos y sitios de mayor actividad para maximizar una protección efectiva durante el tiempo de permanencia de las especies. Muchas veces las especies sujetas a estacionalidad son depredadores tope por lo que la variación estacional de sus poblaciones podría crear cambios estructurales en las comunidades marinas. Hay que considerar que los resultados obtenidos podrían estar relacionados con una amplia variedad de factores no asociados con estacionalidad que puedan causar diferencias en cuanto a las abundancias registradas durante ambas estaciones.
Variación estacional baja o nula	La abundancia del EFM es significativamente diferente entre estaciones	El EFM evaluado presenta una abundancia similar entre estaciones del año. Si este patrón se repite con el paso del tiempo muy posiblemente signifique que las especies involucradas utilizan el AMP o zona de estudio durante todo el año. En este caso se considera que existe una mayor oportunidad para establecer medidas de manejo efectivas dentro del AMP. Para ello se recomienda conocer la distribución y la asociación de estas especies con los hábitats presentes.

Aspectos relevantes

La distribución y movimiento de grandes peces pelágicos y/o depredadores puede estar sujeta a estacionalidad usualmente debido a por variaciones ambientales (ej. temperatura), variaciones biológicas (ej. cambios en la abundancia de presas) o necesidades biológicas (ej. reproducción) (Schlaff et al. 2014). Determinar la variación estacional a nivel de GFI nos puede permitir relacionarlo con cambios estructurales en las comunidades de peces. Diferencias estacionales a nivel de especie también son importantes para adaptar las medidas de manejo según el tiempo de permanencia de las especies en el AMP.

Detalle metodológico

Para evaluar cambios estacionales en la abundancia de los grupos funcionales o especies evaluadas se deberá de seguir el proceso de revisión de videos y procesamiento de datos establecidos en la Sección 9. Una vez procesados los datos de abundancia de los videos, se calcularán de forma automática la abundancia de cada grupo funcional o especie en cada una de las estaciones y se evaluará si existen o no diferencias significativas.

Metodología

• Cámaras remotas con carnada

Las cámaras remotas con carnada es una técnica de monitoreo en la que se utilizan estaciones de acero inoxidable en las que se añaden una o más cámaras las cuales se dejan grabando por un tiempo determinado en el sitio de monitoreo (Figura 5, A). Las estaciones disponen de un cabo hasta la superficie para facilitar la recuperación con una línea de flotación, y de esta manera se evita la presencia humana en el agua. Para atraer a los animales cerca de las cámaras se utiliza carnada (siempre que se pueda), la cual se inserta en un contenedor de PVC agujereado soportado por un brazo de acero inoxidable (Figura 5, B). La carnada dispersa estímulos químicos en el agua atrayendo así a especies carnívoras presentes en el sitio de monitoreo (Cappo et al. 2003), así como especies crípticas difíciles de reportar con otras técnicas de monitoreo (Stewart & Beukers 2000). Es importante destacar que el uso de carnada se utiliza como un atrayente por su olor, sin embargo, no se alimentan a los animales ya que ésta se descarta lejos del sitio de monitoreo.

El uso de cámaras remotas representa una metodología estandarizada, no destructiva/no letal e independiente de la pesca para monitorear la diversidad, abundancia y biomasas de depredadores marinos (Harvey et al., 2007; Langlois et al. 2010); White et al. 2013). Esta novedosa técnica surge como una alternativa a otros tipos de monitoreo usados tradicionalmente tales como censos visuales o el uso de artes de pesca debido a las ventajas que presenta para estudiar tiburones, rayas u otras especies de alta movilidad y usualmente baja abundancia (Cappo et al. 2004, Watson et al. 2005, Assis et al. 2007, Pelletier et al. 2011, McLean et al. 2015) (Figura 6).

En el caso de que exista el interés de monitorear especies depredadoras o pelágicas asociadas a arrecifes y no se dispone de los recursos necesarios para el uso de cámaras remotas submarinas, se recomienda adaptar el protocolo de PRONAMEC para el monitoreo ecológico de formaciones coralinas (SINAC 2016c). Por ejemplo para incrementar la probabilidad de detección de estas especies se podría expandir el área de monitoreo de los transectos realizados para peces de arrecife. Además también se podría adaptar la metodología de transectos para incrementar la detección de especies pelágicas en pináculos rocosos.

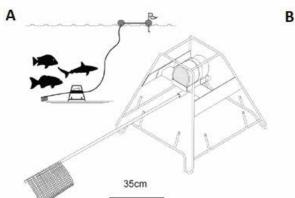




Figura 5.

- A) Diagrama esquemático de un tipo de estación de fondo. Fuente:(Harvey et al. 2013).
- B) Contenedor PVC para carnada. Crédito: Marta Cambra.

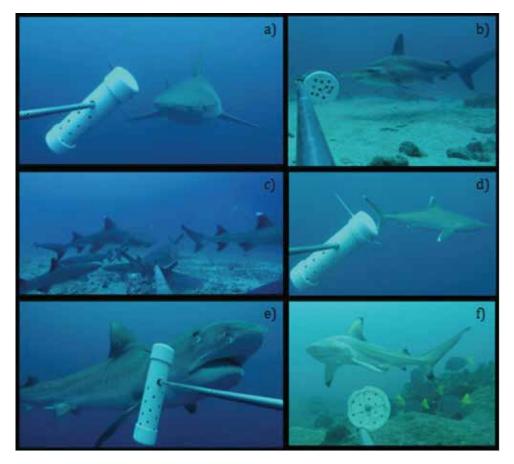


Figura 6. Tiburones y rayas capturados por cámaras remotas con carnada en la Isla del Coco. A - tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*); B - tiburón martillo (*Sphyrna lewini*); C - tiburón punta blanca (*Triaenodon obesus*); D - tiburón silverado (*C. albimarginatus*); E - tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*); y F - tiburón punta negra (*Carcharhinus limbatus*).

• Ventajas y limitaciones del uso de cámaras remotas submarinas

A continuación se presentan las ventajas del uso de cámaras remotas submarinas para el monitoreo de especies focales:

- No producen impactos ecológicos ya que el monitoreo es independiente de la pesca. Eso es especialmente importante si queremos estudiar especies vulnerables como tiburones y rayas
- Permite un monitoreo no invasivo al trabajar desde fuera del agua. Además, remover el efecto de la presencia humana del sitio de monitoreo permite obtener datos más confiables.
- Genera observaciones confiables al no depender de la experiencia de uno o más observadores como es el caso de los censos visuales
- Los límites de tiempo y profundidad son superiores al permitido durante censos visuales
- El uso de múltiples estaciones al mismo tiempo permiten replicar y cubrir un área más grande en una menor cantidad de tiempo

- Se requiere de menos personal para realizar el trabajo de campo
- Mediante el uso de mediante estéreo-BRUVS (dos cámaras en una misma estación) se pueden medir tallas, lo cual permite hacer estimaciones de biomasa. Las distancias calculadas mediante estéreo-BRUVS son más confiables que las calculadas mediante censos visuales (Harvey et al. 2004)
- El uso de carnada incrementa la abundancia de especies depredadoras en el área de monitoreo sin causar impactos negativos en el ecosistema (Cappo et al. 2003, Taylor et al. 2013, Espinoza et al. 2014, Andradi-Brown et al. 2016)
- Permiten registrar la abundancia y el comportamiento de una gran variedad de especies que pasan frente a la cámara (no solo depredadores), las cuales no son atraídas por la carnada, proporcionando una visión integral de la biodiversidad local (Dorman et al. 2012, Barord et al. 2014)
- El uso de carnada proporciona un poder estadístico superior para detectar cambios espaciales y temporales en la estructura de las comunidades de peces y las abundancias relativas de especies individuales debido a que elimina falsos negativos de las réplicas y por lo tanto disminuye la varianza en los datos colectados (Harvey et al. 2007)
- Técnica cada vez más utilizada para el monitoreo de especies pelágicas y depredadores tope permitiendo comparaciones a nivel global (Heagney et al. 2007, Bouchet & Meeuwig 2015, Santana-Garcon et al. 2014b, Letessier et al. 2013)

A pesar del gran número de ventajas derivadas del uso de cámaras remotas submarinas también existen algunas desventajas, entre ellas:

- La difusión y el alcance del olor de la carnada en el medio acuático es afectada por muchos factores, por lo que no es posible conocer el área de monitoreo (Andradi-Brown et al. 2016)
- Según la especie puede llegar a darse competencia intra-específica debido a la dominancia de peces de mayor tamaño cerca de las cámaras (Hardinge et al. 2013). Sin embargo, también se ha comprobado que el uso de carnada incrementa el número de especies depredadoras sin afectar la presencia de peces herbívoros u omnívoros, siendo éstos además más frecuentes en cámaras con carnada que sin carnada (Harvey et al. 2007)
- La atracción hacia la carnada puede cambiar entre distintas etapas del ciclo de vida de los peces pudiendo incorporar sesgos en el monitoreo (Andradi-Brown et al. 2016)
- Menor capacidad de registrar especies crípticas que los censos visuales por lo que para realizar estudios de diversidad en general se recomienda combinar ambas técnicas (Colton & Swearer 2010)

Los sesgos mencionados se reducen a medida que incrementa el tiempo de monitoreo (Sward et al. n.d.). Además, la literatura sugiere que las ventajas de las cámaras remotas con carnada superan los sesgos y limitaciones asociadas a esta metodología (Barord et al. 2014, Whitmarsh et al. 2017), con la posibilidad de que el sesgo hacia especies depredadoras se utilice incluso como una fortaleza en los estudios de elasmobranquios y otras especies móviles poco abundantes (Bouchet & Meeuwig 2015).

Uso de carnada en Áreas Marinas Protegidas

LEI uso de carnada durante monitoreos con cámaras remotas submarinas se diferencia del uso de carnada durante actividades de buceo recreativo (Maljković & Côté 2011, Huveneers et al. 2013, Brena et al. 2015) por el hecho de que no se alimentan a los animales. Este método no produce un impacto en los hábitos alimenticios de los animales, por lo que hablamos de una técnica no destructiva ni invasiva. El uso de esta técnica no supone un riesgo para las personas porqué no se realiza el monitoreo en presencia de personas en el agua. Considerando eso y el hecho de que la frecuencia de monitoreo es muy baja (se propone dos veces por año en un mismo sitio) y está espaciado de forma aleatoria, es muy poco probable que se dé un condicionamiento entre la presencia de las estructuras, la carnada y las personas.

Considerando la cantidad de AMPs de alrededor del mundo utilizando cámaras remotas con carnada (Sward et al. n.d., Cappo et al. 2003, Harvey et al. 2013, Mallet & Pelletier 2014) y las ventajas mencionadas del uso de carnada, se considera importante el uso de ésta, siempre que sea posible, tomando las consideraciones apropiadas tales como una correcta disposición de la carnada una vez ésta ya se ha utilizado (Anexo 4).

Metodología y tipos de estaciones

Existen algunas variaciones en el diseño de las estaciones con cámaras remotas submarinas según los objetivos del estudio y el sitio de monitoreo. A continuación, se presentan los 3 tipos de estaciones que se pueden utilizar en este protocolo y su metodología correspondiente (Cuadros 11, 12 y 13). El uso de cada una de estas estaciones se establece en función de la irregularidad del sustrato que presente el sitio de monitoreo, por lo que queda a criterio de la persona que aplica el protocolo. En cualquiera de los tres casos se podrían utilizar las estaciones sin carnada si fuera necesario, sin embargo podría resultar en un menor número y diversidad de especies focales reportadas (Watson et al. 2005, Rees et al. 2015).

ESTACIÓN DE FONDO

DISEÑO

Estación de fondo en forma de caballete (Figura 7) la cual se deposita en el fondo marino desde la embarcación utilizando un cabo y boyas de superficie que marquen su ubicación. La carnada se introduce en un contenedor de PVC aquiereado el cual se conecta con un brazo de acero inoxidable a la estación, frente a la cámara.

METODOLOGÍA

Se colocan las estaciones de fondo desde una embarcación en los sitios de monitoreo costeros seleccionados y se siguen los estándares especificados (Cuadro 14).

VENTAJAS

- La estación queda inmóvil en el sustrato por lo que las tomas son más estables de mejor calidad.
- El sustrato queda más cercano a la cámara proporcionando una información más precisa sobre el tipo de cobertura.

RECOMENDACIONES

- Utilizar en sitios con sustratos planos o con poca rugosidad
- Se recomienda utilizar una boya pequeña en la superficie que no ofrezca mucha resistencia (si no podría alzar la estación y llevársela a la deriva). En casos de fuertes corrientes, se recomienda, además, unir la boya de superficie con 10 m de línea extra a otra boya de superficie. De esta manera si la primera boya se hunde por las corrientes la segunda queda todavía visible.
- Utilizar cuerda plástica que flote y de un color llamativo para facilitar su detección desde la superficie.
- Asegurarse de que la cámara no queda muy cerca de una roca limitando la profundidad de campo del video. Una persona puede colocar la estación en la posición adecuada mediante apnea o buceo a pulmón libre.

OBJETIVOS

Monitoreo de especies depredadoras y pelágicas asociadas a arrecifes o a ambientes bentónicos y las cuales son atraídas por la carnada. También puede capturar especies no atraídas por carnada que pasan en frente de la cámara.

REFERENCIAS

Harvey et al. 2013, White et al. 2013, Espinoza et al. 2014, Andradi-Brown et al. 2016

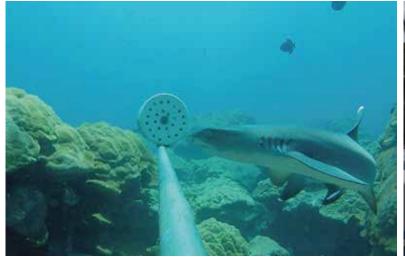




Figura 7. Izquierda: tiburón punta blanca grabado mediante una estación de fondo. Fuente: CIMAR. Derecha: estación de fondo durante el trabajo de campo. Crédito: Marta Cambra.

Cuadro 12. Información relevante para el uso de estaciones con estaciones semi-pelágicas

ESTACIÓN SEMI- PELÁGICA

DISEÑO

Estación de forma triangular en la que se pueden utilizar una o dos cámaras (si se quisieran medir tallas para calcular biomasa) (Figura 8). La estación queda cerca del fondo mediante un sistema de anclaje y separada del sustrato mediante una o más boyas intermedias que la mantienen erguida y dan estabilidad a la estación en la columna de agua. Se utiliza un brazo con carnada y en dirección opuesta un brazo con plomos que sirva de contrapeso.

METODOLOGÍA

Se utiliza la misma metodología que con las estaciones de fondo (ver Tabla 1). En este caso, se ajusta la línea que conecta el sistema de anclaje con la estación para que ésta quede a la distancia deseada respecto del sustrato. Usualmente se coloca la estación a 1.5 m del sustrato sin embargo se podría adaptar para cubrir otras profundidades en la columna de agua. Se coloca una boya intermedia a 1 m por encima de la estación para que ésta se mantenga erguida en la columna de agua.

VENTAJAS

- Minimiza el contacto de la estación con el sustrato y por lo tanto el riesgo de que las estaciones queden pegadas al sustrato. Además facilita una correcta posición de las estaciones en fondos irregulares tales como pináculos rocosos o arrecifes coralinos.
- Al estar las cámaras separadas del sustrato y tener una cierta movilidad hacia ambos lados ofrece una visión más amplia del sitio de monitoreo.
- Se puede regular la distancia de la cámara con respecto al fondo si existiera interés de monitorear distintas profundidades en la columna de agua.

RECOMENDACIONES

- Como ancla utilizar un objeto que minimice la posibilidad de pegarse con el sustrato (se recomienda una boya china rígida agujereada con plomos dentro).
- Realizar pruebas para averiguar la cantidad mínima de peso necesaria para hundir la estructura al mismo tiempo que la boya intermedia mantiene erguida la estación. Cuanto más estable se mantenga la estación mejores tomas se obtendrán.
- De la misma forma que el modelo anterior, utilizar boyas pequeñas de superficie para marcar la ubicación de la estación y cuerda plástica con algunos metros de línea extra.

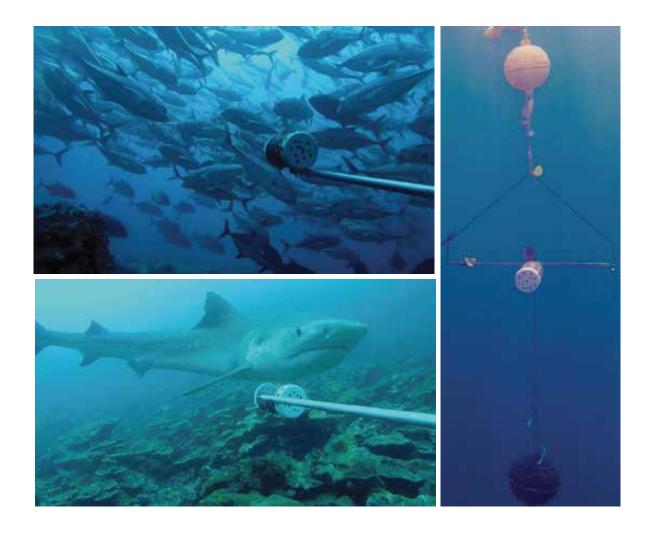
OBJETIVOS

Monitorear especies depredadoras en fondos irregulares como es el caso de pináculos rocosos o arrecifes coralinos. Además permite ajustar la profundidad de las estaciones en la columna de agua incrementando la posibilidad de detección de especies menos asociadas al sustrato.

REFERENCIAS

• Heagney et al. 2007, Santana-Garcon et al. 2014

Figura 8. Izquierda: jureles ojones (Caranx sexfasciatus) y tiburón tigre (Galeocerdo cuvier) gravados por una estación semi-pelágica. Crédito: CIMAR - Universidad de Costa Rica. Derecha: estación semipelágica durante trabajo de campo. Crédito: Melisa Robins



Cuadro 13. Información relevante para el uso de estaciones con cámaras remotas semi-pelágicas

ESTACIÓN PELÁGICA

DISEÑO

Se utilizan las mismas estaciones semi-pelágicas, pero sin sistema de anclaje, por lo que las estaciones flotan libremente en la columna del agua a una profundidad determinada. La profundidad de las estaciones se ajusta mediante una línea de amarre que une la estación a una boya de superficie (Figura 9).

METODOLOGÍA

Se utilizarán 3 estaciones o réplicas en 4 zonas de monitoreo distintas establecidas según el interés del AMP o zona de estudio. Las estaciones se conectarán mediante una línea delgada en la superficie a una distancia mínima de 300 metros entre estaciones. Por lo tanto se necesita una línea principal superficial de 600 metros para colocar las 3 cámaras. Las estaciones se ubicarán a 10 metros de profundidad mediante una línea que une la estación a la boya de superficie. Se recomienda iniciar el monitoreo a una distancia mínima de 0.5 millas de la costa o donde el fondo marino se encuentre a mínimo 50 metros de profundidad, sin embargo estos parámetros pueden variar según el interés del monitoreo y la particularidad del área de estudio. Una vez en el sitio de monitoreo se dejará las estaciones a la deriva. De la misma forma que las estaciones de fondo y semi-pelágicas, el tiempo de grabación será de 1 hora y se utiliza 1 kg de carnada. Consultar más detalles en la sección "Diseño experimental" (Cuadro 14)

VENTAJAS

- Permite monitorear especies pelágicas en la columna de agua, así como en aguas profundas.
- Permite cubrir áreas de monitoreo más amplias y distintos niveles de profundidad.

RECOMENDACIONES

- Utilizar boyas grandes que aseguren la flotación de las estaciones en la superficie.
- Utilizar una bandera que permita mantener las estaciones controladas desde la embarcación
- Es importante asegurarse de que las estaciones se mantienen a la distancia ajustada y que la línea madre se mantiene en todo momento en una línea recta. Para ello se recomienda estar vigilando la posición de las boyas de superficie (dos boyas que se vean muy cerca posiblemente se enredaron) desde la embarcación con el motor apagado para no afectar la presencia de individuos con el ruido.
- Medir la línea delgada que conecta las estaciones previamente al trabajo de campo y marcar cada 300 metros para señalar el lugar donde se deberán de atar la línea con las estaciones. Para asegurar que la línea no se enrede se recomienda mantenerla dentro de una caja o balde en la embarcación e ir liberándola hasta que aparezca la siguiente marca que señala el lugar donde atar la cámara (ver Anexo 3).

OBJETIVOS

Monitoreo de especies pelágicas asociadas a la columna de agua.

REFERENCIAS

Letessier et al. 2013, Santana-Garconet al. 2014a, 2015, Bouchet & Meeuwig 2015

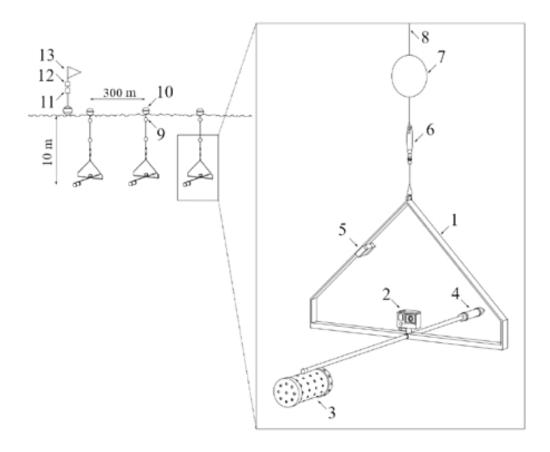


Figura 9. Representación del sistema de monitoreo mediante cámaras remotas submarinas pelágicas con cada una sus partes: 1) marco, 2) cámara, 3) contenedor de carnada, 4) contrapeso, 5) sensor de temperatura, 6) sacavueltas, 7) boya pequeña intermedia, 8) línea plástica, 9) boya pequeña superficial, 10) boya grande superficial, 11) GPS, 12) Sistema de Identificación Automática (AIS), 13) bandera. Fuente: Cambra et al (in prep).

• Diseño experimental

En el Cuadro 14 se resume el diseño experimental y se presentan algunos detalles logísticos a considerar para el monitoreo con cámaras remotas submarinas. Es importante que cuando se utilice el protocolo se sigan siempre estos procedimientos para facilitar comparaciones espaciales y temporales en la misma área de estudio y entre otras áreas a lo largo del tiempo.

Cuadro 14. Resumen sobre el diseño experimental para el monitoreo con cámaras remotas submarinas

DIS	EÑO EXPERIMENTAL PARA CÁMARAS REMOTAS SUBMARINAS
Frecuencia	2 expediciones al año: una en estación seca (Diciembre - Junio) y otra en estación Iluviosa (Julio - Noviembre)
Esfuerzo de monitoreo	Se recomienda realizar un esfuerzo de monitoreo mínimo de: - 4 días de monitoreo por expedición - 8 réplicas al día (idealmente 4 cámaras en la mañana y 4 cámaras en la tarde) - 32 réplicas por expedición: 20 réplicas en zonas costeras (estaciones de fondo o semi-pelágicas) y 12 réplicas en zonas pelágicas (estaciones pelágicas) - 64 réplicas al año (32 réplicas por estación) Sin embargo, el número de réplicas puede ajustarse en cada AMP con ayuda de expertos según la capacidad de monitoreo, extensión del área, variaciones oceanográficas, etc. En el Anexo 3 se presentan los factores espaciales y temporales que determinan el esfuerzo de monitoreo utilizando cámaras remotas submarinas en ecosistemas marinos tropicales (Espinoza et al. 2020).
Horario	Entre las 8am y las 4pm.
Selección de sitios	Seleccionar sitios de monitoreo con ayuda de expertos. La selección de sitios y por lo tanto la distribución de las réplicas en el área de estudio dependerá de las características ecológicas de la zona y de los intereses de manejo y conservación de los recursos presentes lo cual se deberá ver reflejado en la "Zonificación" elegida para el área de estudio (ver Indicador 7). La distribución de las réplicas en el área de estudio se realizará de forma aleatoria (no se siguen coordenadas específicas) cumpliendo las siguientes condiciones: • Cubrir las distintas zonas o áreas de interés según la zonificación establecida (Indicador 7). • Cubrir los distintos hábitats existentes en la zona de estudio (arrecife coralino, arrecife rocoso, pastos marinos, etc.) • Cubrir profundidades entre los 3 y 40 metros • Cubrir la mayor parte del área de estudio (no dejar zonas sin monitorear) En el caso del monitoreo en zona pelágica, las estaciones están a la deriva por lo que el monitoreo iniciará en un área seleccionada previamente pero cubrirá zonas distintas según la dirección de las corrientes
Estándares	 - 1 kg de carnada por estación - Carnada a utilizar: caballa (Scomber japonicus). Si no hay disponible se puede usar algún otro pez que libere bastante aceite como sardinas. - 1 hora de grabación por estación - 300 metros de separación entre cámaras (como mínimo)
Personal requerido	Mínimo 3 personas más el capitán. Se recomienda incorporar más personas al equipo de trabajo en lugares con condiciones de monitoreo más difíciles
Conocimiento previo	Capacitación sobre el uso de cámaras remotas en el campo. Es preferible que alguna persona a bordo sea buceador y tenga equipo disponible para poder desanclar la estación en caso de que alguna quede pegada al fondo

• Detalles importantes

A continuación se presentan detalles a tomar en consideración cuando se realiza el monitoreo con cámaras remotas submarinas con carnada:

- Los monitoreos se llevarán a cabo desde una embarcación
- El tiempo de grabación debe ser ligeramente superior a los 60 minutos para asegurar un análisis completo (idealmente 70 minutos).
- Siempre que sea posible debe de respetarse el mismo esfuerzo de monitoreo entre años para poder realizar comparaciones a nivel temporal
- La carnada se cortará en trozos grandes de aproximadamente 5 cm, y se triturará un poco una vez que esta esté en el contenedor para que libere sangre
- Se deberá tratar que el video obtenido tenga profundidad de campo, es decir, que no haya rocas o estructuras muy cerca de la cámara. Pues una visión reducida en el video podría afectar mucho a los resultados obtenidos. En los lugares donde no suponga un riesgo y donde no haya mucha profundidad uno de los observadores podría asegurar la correcta posición de las cámaras mediante apnea (bajar nadando a colocar bien la estructura)
- No se realizarán monitoreos en sitios donde haya personas en el agua ya que eso podría distanciar a las especies focales y afectar los resultados del estudio
- La carnada se desechará lejos del sitio de monitoreo, preferiblemente en zonas de mar abierto para evitar que los animales desarrollen comportamientos de aprendizaje por asociación entre las estructuras (estaciones) y la comida
- Lo ideal es disponer de 8 cámaras para lanzar 4 de forma simultánea en distintos momentos del día (mañana y tarde por ejemplo). Si solamente se dispone de 4 cámaras (en lugar de 8), estas deberán de cargarse tras el monitoreo en el primer sitio para poder realizar el monitoreo en el segundo sitio. Si no existe la posibilidad de cargar las cámaras entre monitoreos y solamente se pueden obtener 4 réplicas en un día, entonces se deberá dedicar el doble de días de monitoreo (8 en lugar de 4) para obtener las 64 réplicas mínimas recomendadas al año
- Se deberá amarrar un sensor de temperatura en cada una de las estaciones siempre que se disponga de éstos. Se recomienda el uso de sensores de la marca Hobo (Hobo Pendant®: Temperature/light 64K Data Logger), los cuales además miden luminosidad.

Equipo y pasos a seguir

El equipo necesario para llevar a cabo el monitoreo viene definido en el Anexo 4. Durante el trabajo de campo hace falta seguir una serie de pasos (Anexo 5) para asegurar que no nos olvidamos nada y que estamos aplicando la metodología de forma correcta. Las hojas para tomar datos en el campo se pueden encontrar en el Anexo 6 con su respectiva explicación. Se recomienda el uso de una embarcación con un tamaño mínimo de 7 metros y con toldo para disponer del espacio necesario para trabajar con las cámaras cómodamente.



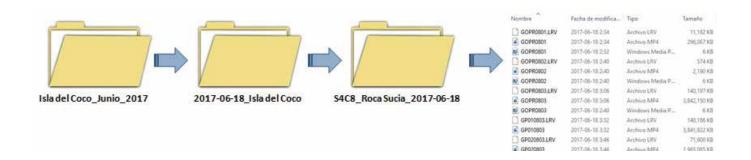
Revisión de Videos y Procesamientos de Datos

Almacenacr datos

Cada día después de obtener los videos, éstos se deberán de guardar en un disco duro siguiendo las siguientes pautas (Figura 10):

- 1. Carpetas nivel 1: Crear una carpeta en el disco duro con el siguiente formato: Nombre de la localidad_mes_año. Por ejemplo: Isla del Coco_Junio_2017
- **2. Carpetas nivel 2:** Crear una subcarpeta dentro de la carpeta del nivel 1 que corresponda a cada día de monitoreo con el siguiente formato: Fecha (AAAA-MM-DD)_localidad. Por ejemplo: 2017-06-18_Isla del Coco
- **3. Carpetas nivel 3:** Crear una subcarpeta dentro de cada carpeta del nivel 2 que corresponda con el número de identificación de cada estación con el siguiente formato: S + Número de estación + C + Número de cámara_Sitio de monitoreo_Fecha (AAA-MM-DD). Por ejemplo: S4C8_Roca Sucia_2017-06-18
- 4. Copiar los videos de la tarjeta SD de cada cámara dentro de cada carpeta del nivel 3 que corresponda. Asegurarse de que el número asociado a la tarjeta SD corresponde al número asociado a la cámara (Anexo 4). Las cámaras GoPro suelen dividir el video completo en clips más cortos de entre 17 y 20 minutos.
- 5. Eliminar los videos de las tarjetas SD para dejarlas listas para el próximo monitoreo

Figura 10. Representación de los pasos a seguir para almacenar los videos



Revisar videos

Los vídeos obtenidos mediante cámaras remotas submarinas usualmente se analizan mediante el software EventMeasure (SeaGIS©) el cual permite al observador extraer datos de abundancia relativa (MaxN) de forma más eficiente, y además, permite calcular otro tipo de métricas importantes. Debido a que este software tiene un costo que en algunos casos puede no estar disponible (\$2000) y se requiere de capacitación previa para su correcto uso, en este protocolo se recomienda revisar los videos utilizando cualquier programa que permita la reproducción de videos y anotar los valores de MaxN de forma manual en la hoja Excel para análisis de datos. El MaxN se define como el máximo número de individuos de una misma especie que aparecen juntos en una misma toma ("frame") del video. Esta medida se considera una medida conservadora para calcular la abundancia relativa en el análisis de videos ya que evita contar los mismos individuos que aparezcan en distintas tomas del mismo video (Cappo et al. 2003).

Para calcular el MaxN la persona que analice los videos deberá de anotar cual fue la máxima cantidad de individuos de la misma especie que aparecieron juntos en una misma toma del video. Para ello el observador deberá de ir parando el video cada vez que aparezcan más individuos de los que tenía registrados para una misma especie, y así actualizar el valor de MaxN registrado previamente. Es decir, si al inicio del video el observador anota 2 tiburones punta blanca de arrecife (Triaenodon obesus) en la hoja Excel porqué se observaron los dos juntos en la misma toma del video y en una toma posterior se observan 4 tiburones punta blanca juntos, entonces el observador deberá de borrar el dato inicial y actualizarlo en la hoja Excel de forma que solamente quede registrado el valor más elevado.

Con el fin de realizar comparaciones entre sitios o AMP, se establece una duración máxima de 60 minutos por video. Por lo tanto, el observador deberá analizar solamente los primeros 60 minutos de cada video, el resto del video no se analizará. El análisis se inicia una vez la cámara ha llegado al fondo y se ha estabilizado, por lo que no debe de analizarse el video mientras la cámara está descendiendo o siendo preparada en la embarcación. Los videos que tengan una duración mínima inferior a 60 minutos no se analizarán.

Procesar datos

Los datos que se toman en el campo deben de pasarse a un documento Excel donde se realizará el análisis de datos. El documento Excel contiene varias pestañas las cuales se describen a continuación:

- Primera pestaña ("Especies"): lista de especies focales y alguna información asociada extraída principalmente de Fish Base tal como nombre común en español, grupo funcional al que pertenece, familia, hábitat, nivel trófico y estado de conservación. La información proporcionada en esta pestaña se utilizará para rellenar algunos campos de forma automática en la pestaña de "Datos análisis", por lo que no deben de modificarse.
- **Segunda pestaña ("Datos campo"):** pestaña donde se registran todos los datos de campo (Cuadro 15). Esta pestaña, junto con la siguiente ("Datos análisis"), son las únicas en las que el observador debe de añadir información. El resto se actualizan de forma automática.
- Tercera pestaña ("Datos análisis"): pestaña donde se registra la abundancia relativa máxima (MaxN) de cada una de las especies para cada una de las réplicas. En esta pestaña basta con escribir el número de la réplica y el año en las columnas 1 y 2 respectivamente y el resto de la información asociada a la réplica se rellena de forma automática. Cada fila representa un reporte, por lo que pueden haber varias filas para una misma réplica en la que salieron distintas especies. Para añadir el nombre de la especie basta con escribir el código de ésta (ver pestaña "Especies") y de forma automática se rellenan los demás campos asociados. A continuación se escribe el valor máximo de abundancia relativa (MaxN) observada en el video. El registro de tallas de las especies solamente deberá completarse para ciertas especies focales siempre y cuando se esté evaluando el Indicador 2 ("Longitud total promedio de especies clave").
- Resto de pestañas ("Indicadores"): hay una pestaña para cada indicador donde automáticamente se hacen los cálculos necesarios a partir de la información de la pestaña "Datos análisis" así como otras fórmulas que se encuentran en hojas ocultas del documento. Dentro de cada pestaña se muestran los resultados obtenidos por grupo funcional. Para cada grupo funcional se muestran los siguientes datos:

"Prueba Mann-Whitney": resultado de la prueba estadística Mann-Whitney (Anexo 2).

• "Diferencias": muestra un "si" si existen diferencias significativas (según lo explicado en el Anexo 2) entre los años evaluados y un "no" en caso contrario.

- "Condición": muestra si el grupo focal se encuentra en disminución (existen diferencias significativas y el valor monitoreado del año evaluado es inferior al año anterior), estabilidad (no existen diferencias significativas) o incremento (existen diferencias significativas y el valor monitoreado del año evaluado es superior al año anterior).
- "Valor condición y AVP": se asigna un valor asociado a la "Condición" (Sección 10). Además se muestra el Ámbito de Variación Permisible según el color (Sección 6).
- Última pestaña ("Interpretación"): en esta pestaña se califica la condición de cada grupo funcional por cada año de monitoreo de acuerdo con el "valor condición" o promedio obtenido de la calificación de cada uno de los indicadores (Sección 10). Además también se agrupan todos los grupos funcionales para proporcionar un único valor total final por año. Esta pestaña es informativa por lo que no deben de modificarse los valores representados en ella.

Cuadro 15. Datos a registrar en la hoja de Excel llamada "Datos campo" para el análisis de los datos tomados mediante cámaras remotas submarinas. Para cada dato se indica si la introducción es manual (por el observador) o automática.

DATOS	DEFINICIÓN	EJEMPLO
Réplica	Número de réplica. Las réplicas de un mismo año se consideran consecutivas por lo que van del 1 al 64 en el caso de que se cumpla con las 32 réplicas por estación. Cuando se inicia el registro de datos de un nuevo año se inicia con la réplica número 1 de nuevo (importante). Las réplicas obtenidas para monitorear el indicador 5 (Servicios Ecológicos) deberán de seguir una enumeración distinta siguiendo el siguiente formato: SEC+Número (SEC1, SEC2, etc) y también deberán de empezar de nuevo para cada año. Manual	1
Año	Año. Manual	2018
Disco	Número del disco externo en el que se guardan los videos. Manual	PNIC 1
Localidad	Área Marina Protegida o región de monitoreo. Manual	Isla del Coco
Estación	Seca o Lluviosa. Manual	
Fecha	Fecha en formato "día-mes-año". Manual	
Sitio (nombre)	Nombre del sitio de monitoreo. Si el sitio no tiene nombre éste se puede inventar según su ubicación u otras referencias cercanas (Ejemplo: Bajo del diablo costero). También se puede utilizar el nombre de la localidad seguida de un número. Ejemplo: Isla del Coco1, Isla del Coco2, etc. Manual	
Zonificación	Categorías para agrupar a los sitios de monitoreo según ciertas condiciones que permitan relacionar los resultados con aspectos de interés (ver detalle metodológico Indicador 6). Ejemplos: tipo de hábitat, ubicación, actividades permitidas, etc. Manual	
Latitud	Año. Manual	-87,04646
Longitud	Año. Manual	
Profundidad (metros)	Profundidad de la cámara, no del sitio de monitoreo. En el caso de las cámaras semi-pelágicas se debe de restar la profundidad del fondo con la distancia a la que se encuentra la cámara del fondo (usualmente un metro y medio). Manual	
ID Réplica	Identificación de la réplica según el siguiente formato: S + Número de estación + C + Número de cámara_Sitio de monitoreo_Fecha. Cada réplica tendrá un ID único. Manual	
Tipo estación	Estación de fondo, semi-pelágica o pelágica. Manual. Manual	Fondo

Carnada	Año. Manual	Sí
Carnada spp	Número del disco externo en el que se guardan los videos. Manual	Caballa
Hora E	Área Marina Protegida o región de monitoreo. Manual	8:00
Hora S	Seca o Lluviosa. Manual	9:00
Tiempo	Fecha en formato "día-mes-año". Manual	1 hora
Tiempo análisis	Cantidad de minutos que se analizarán del video independientemente del tiempo de grabación total del video. Se estandariza un tiempo de análisis de 60 minutos para cada video. El inicio del video se considera cuando la estación con la cámara se estabiliza después de su lanzamiento (tocó fondo). El final del video se considera cuando ya han pasado los 60 minutos. Aquellos videos con un tiempo de grabación menor a 60 minutos no se analizarán Automático	54 min
Sensor	Se debe de escribir la letra H seguida del número del sensor de temperatura. El código debe de ser de 3 dígitos únicamente. Si no se utilizó sensor de temperatura escribir "NA". Manual	H04
Estado análisis	Se va a escribir si el video ha sido analizado (si), si no ha sido analizado todavía (no) o bien si no es analizable (no analizable). Se considera un video no analizable aquellos en los que los resultados no sean buenos para el análisis. Por ejemplo si la cámara quedó completamente pegada a una roca u otro sustrato, o viendo hacia arriba y no se distinguen los animales a contraluz, o si hubo un error de tarjeta en la cámara y no grabó, si se apagó la batería o si el video dura menos de 60 minutos. Manual	Si
Analizador	Nombre de la persona que pasa los datos. Manual	Isaac Chinchilla
Comentarios	Cualquier comentario asociado al video que sea de utilidad dejar registrado. Por ejemplo si el video no es analizable sería apropiado explicar el porqué.	

Cuadro 16. Datos a registrar en la hoja de Excel llamada "Datos análisis" para el análisis de los datos tomados mediante cámaras remotas submarinas. Para cada dato se indica si la introducción es manual (por el observador) o automática.

Réplica	Número de réplica usando como referencia la que se anotó en la pestaña "Datos campo". Manual	1	
Año	Año usando como referencia la que se anotó en la pestaña "Datos campo". Manual		
Disco	Número del disco externo en el que se guardan los videos. Manual		
Localidad	Área Marina Protegida o región de monitoreo. Manual	Isla del Coco	
Estación	Seca o Lluviosa. Manual	Seca	
Fecha	Fecha en formato "día-mes-año". Manual		
Código	Código de la especie registrada en el video formado por 6 letras: la primera letra corresponde al género de la especie seguida de un punto y las cinco siguientes a las 5 primeras letras de la especie. El código puede buscarse en la primera pestaña del documento Excel llamada "Especies". Una vez se introduce el código, se rellenan de forma automática la especie y el grupo funcional. Manual	S.lewin	
Especie	Nombre de la especie. Automático	Sphyrna lewini	
Grupo funcional	Grupo funcional de cada especie (Anexo 1). Automático	Depredador tope	
MaxN	Abundancia relativa de cada especie. La definición de abundancia relativa y la explicación de cómo calcularla a partir de los videos viene descrita en la Sección 8. Manual	30	
CPUE	Captura por unidad de esfuerzo. Se calcula al dividir el MaxN entre el tiempo real. Automático	0.50000	



Análisis e Interpretación de Datos

Analizar datos

El análisis de los datos se realizará de forma automática mediante las pruebas estadísticas correspondientes en las pestañas de la hoja de cálculo de Excel según corresponda. Cada pestaña corresponde a un indicador donde se muestran los resultados según el AVP en forma de semáforo. Además se muestran gráficos de barras asociados a cada indicador que permiten la visualización de los resultados.

Interpretar datos

A continuación se presenta una metodología adaptada de (SINAC 2016a) para la **calificación de indicadores** de salud según el AVP obtenido. El valor final del indicador dependerá de los valores obtenidos para cada GFI o especie clave. Si el GFI o especie clave se encuentra en aumento (color verde) se le da un valor de 3, si se encuentra estable (color amarillo) se le da un valor de 2 y si se encuentra en disminución (color rojo) se le da un valor de 1. El promedio de los valores de cada uno de los GFI o especies clave permitirá obtener un número del 1 al 3 para cada indicador, el cual reflejará su condición de incremento (2.6 – 3), estable (2 – 2.5) o disminución (1 – 1.9) (Cuadro 16).

Finalmente, el promedio de los valores resultantes de cada indicador nos permitirá **calificar el estado del elemento focal de manejo** (especies pelágicas y depredadores en este caso) para cada AMP o zona de estudio en las siguientes categorías: "Deseable" (puntuación entre 2.6 y 3), "Aceptable" (puntuación entre 2 y 2.5) e "Inaceptable" (puntuación entre 1 y 1.9) (Cuadro 17). Estos resultados representan una medida indirecta sobre la efectividad de manejo de grandes peces pelágicos y/o depredadores y nos permiten establecer medidas de manejo según cada caso (Sección 10).

Como estamos partiendo de un grupo de especies que se encuentran en algún grado de amenaza o son objeto constante de la presión pesquera, así como otros impactos antropogénicos, se esperaría que medidas de manejo efectivas se reflejaran en un incremento en todos los indicadores durante un periodo de tiempo largo. Si estas condiciones favorables permanecen podría ser que los indicadores pasaran de estar en "Incremento" a estar "Estable" lo cual podría disminuir el valor asignado a indicadores que realmente se encuentran en un buen estado. Considerando el largo tiempo de recuperación que se necesita para la recuperación de las poblaciones de las especies focales evaluadas en este protocolo se asume que todavía hace falta un esfuerzo de conservación considerable para que se alcance dicha situación. Por lo tanto, se recomienda seguir el esquema de evaluación proporcionado teniendo en cuenta la posibilidad de hacer algunos ajustes de interpretación bajo esquemas de conservación efectivos que perduren en el tiempo.

Cuadro 16. Calificación de cada indicador, valor asignado e interpretación

AVP VARIACIÓN	VALOR	INTERPRETACIÓN
Incremento	2.6 - 3	Indica un aumento significativo en la magnitud del indicador, y por lo tanto, una posible mejora en el estado de salud de los grupos funcionales o especies evaluadas
Estable	2-2.5	El indicador evaluado no ha sufrido cambios significa- tivos respecto el año anterior, y por lo tanto, el estado de salud de las poblaciones o especies evaluadas se mantiene estable
Disminución	1-1.9	Indica una disminución significativa en la magnitud del indicador, y por lo tanto, un empeoramiento en el estado de salud de los grupos funcionales o especies evaluadas.

Cuadro 17. Calificación para el elemento focal de manejo de acuerdo con el promedio obtenido de la calificación de los indicadores

AVP VARIACIÓN	VALOR	INTERPRETACIÓN
Deseable	2.6 - 3	La mayoría de los indicadores se encuentran en incremento y por lo tanto, si este estado permanece en el tiempo, se esperaría una recuperación de las poblaciones de las especies focales evaluadas. En este caso se establece que las medidas de manejo del AMP muy posiblemente estén siendo efectivas.
Aceptable	2-2.5	La mayoría de los indicadores se encuentran estables o en incremento y por lo tanto, si este estado permanece en el tiempo se esperaría que las poblaciones de las especies focales evaluadas podrían recuperarse mediante la mejora de las medidas de manejo establecidas. En este caso se establece que el AMP debe de fortalecer las medidas de manejo para promover una mejora en el estado de salud del elemento focal de manejo.
Inaceptable	1-1.9	La mayoría de los indicadores se encuentran estables o en disminución y por lo tanto, si este estado permanece en el tiempo, se esperaría que el estado de salud de las especies focales evaluadas empiece a deteriorarse hasta pasa a un estado crítico donde sea muy difícil la recuperación de sus poblaciones. En este caso se establece que las medidas de manejo del AMP no están siendo efectivas.

Es importante recordar que solamente se calificarán con esta metodología los indicadores de salud ya que a los indicadores descriptivos no se les asigna un valor o puntuación. Estos resultados se pueden encontrar en la última pestaña llamada "Interpretación" del Excel asociado a este protocolo.

El sistema de evaluación de indicadores presentado en este protocolo en base a una escala cualitativa (tipo semáforo) facilita la interpretación de los datos y puede ser utilizado como un sistema de alerta temprana para los tomadores de decisiones. Sin embargo, hay que considerar la que los ecosistemas marinos son sistemas dinámicos con una elevada complejidad en cuanto a las interacciones de los organismos presentes. Por ejemplo, podría suceder que una de las especies clave seleccionadas se encuentre en aumento debido a la disminución de algún depredador tope y no debido a una mejor protección dentro del AMP. Por este motivo, se recomienda que los resultados de cada indicador se evalúen de forma integral considerando los resultados obtenidos de los demás indicadores y si es posible con el apoyo de expertos.

Medidas de Manejo

Las medidas de manejo se definen en este protocolo como las acciones y estrategias de conservación de un AMP o zona de estudio para promover la conservación y protección de los elementos focales de manejo, en este caso, grandes peces pelágicos y/o depredadores. En la literatura se pueden encontrar numerosos trabajos donde se evidencia que el control y protección que se ejercen en las AMPs es uno de los factores más determinantes para garantizar un esquema de conservación efectivo (Graham et al. 2011, Graham J. et al. 2014, Giakoumi et al. 2018, Quimbayo et al. 2019), lo cual es especialmente importante para especies de interés comercial como las que se evalúan en el presente protocolo. Por lo tanto, independientemente de los resultados obtenidos para cada indicador se recomienda que la mejor medida de manejo para proteger a grandes peces pelágicos y/o depredadores sea establecer **un programa de control y protección efectivos.** O en el caso de zonas donde se permite la pesca, asegurarse de que se cumplen las regulaciones y medidas establecidas.

En los siguientes cuadros se recomiendan medidas de manejo que los tomadores de decisiones deberán de tener como referencia. Se recomienda trabajar de la mano de expertos para priorizar las medidas de manejo más importantes según cada caso.

1. IDENTIFICAR GRUPOS FUNCIONALES O ESPECIES EN DISMINUCIÓN

Independientemente del resultado general obtenido para el elemento focal de manejo, deberá de hacerse un análisis para identificar qué grupos funcionales o especies clave se encuentren en disminución. Esta información se obtiene de forma rápida revisando los resultados de cada indicador en el documento Excel. Una vez identificadas las especies en declive y seleccionado especies prioritarias se recomienda realizar estudios adicionales para: - Identificar rango de distribución, uso de hábitat y presencia de hábitats críticos dentro del AMP o zona de estudios

- Determinar si las especies realizan rutas migratorias o si los individuos utilizan distintos hábitats según la etapa de ciclo de vida

2. IDENTIFICAR AMENAZAS CLAVE Y ACTUAR:

Una vez se sepa qué especies o grupos se encuentran en declive, se deberá de analizar cuáles son las principales causas de esa disminución y actuar según cada caso:

• Pesca:

- Reforzar programa de control y protección dentro del AMP o zona de estudio. Si no se disponen de los recursos necesarios se recomienda buscar aliados externos que puedan proporcionar el apoyo necesario aunque sea mediante patrullajes de forma esporádica
- Promover el establecimiento y cumplimiento de esquemas legales de protección efectivos
- -Llevar un registro de las especies y cantidad de individuos afectados por pesca ilegal
- Monitorear cambios en la biomasa de las especies afectadas con el paso del tiempo Establecer medidas para disminuir pesca incidental y regular pesca dirigida

• Destrucción de hábitat:

- Priorizar la protección de hábitats críticos necesarios para la supervivencia de la especie (arrecifes coralinos, manglares, etc.) así como servicios ecológicos esenciales (zonas de crianza, estaciones de limpieza, zonas de alimentación, refugio, etc.). Se recomienda priorizar esos sitios que todavía se encuentren saludables y que tengan una mayor capacidad de resistir mejor los efectos del cambio climático.
- Identificar las causas de degradación del hábitat y ejercer las medidas necesarias para disminuir su efecto.
- Si el hábitat a proteger se extiende más allá de los límites del AMP o zona de estudio se debe de considerar la posibilidad de ampliar los límites del AMP para poder establecer regulaciones en la zona afectada. Adicionalmente se podrían establecer medidas de conservación fuera del AMP mediante coordinación y colaboración de otros sectores (INCOPESCA, Guardacostas, sector turístico, ONG's, asociaciones de pescadores, etc.) para tratar de mejorar la protección de hábitats importantes y/o especies amenazadas. Además también se puede considerar el establecimiento de redes entre AMPs ("AMP network") o acuerdos entre distintos países con el fin de proteger las rutas de especies migratorias.

• Turismo:

- -Identificar qué sitios están siendo más afectados por actividades turísticas y evaluar si dichas actividades se solapan con hábitats críticos para las especies evaluadas. Para ello es necesario llevar un registro de la intensidad de uso a nivel espacial y temporal por parte de tour-operadores.
- Promover buenas prácticas de buceo, snorkel o avistamientos de megafauna mediante charlas de inducción apropiadas y/o mediante inspecciones rutinarias
- Regular o prohibir actividades turísticas en sitios clave o hábitats críticos.
- Realizar estudios de capacidad de carga para determinar si el número de personas permitidas por día en el AMP o zona de estudio es el adecuado. Regular si fuera necesario.

3. MANTENER EL MONITOREO

Protocolo de monitoreo de grandes peces pelágicos y/o depredadores

Para poder proteger de forma efectiva a grandes peces pelágicos y/o depredadores es esencial continuar aplicando el presente protocolo que permita obtener suficientes datos para evaluar tendencias poblacionales y determinar si las variaciones observadas forman parte de cambios naturales dentro del ciclo de vida de las especies o si bien son causadas por impactos antropogénicos. Si el AMP no dispone de los recursos para mantener el programa de monitoreo se recomienda trabajar de la mano con Universidades, ONG's, o crear alianzas público-privadas que puedan facilitar el personal o los recursos necesarios.

• Monitoreo variables ambientales

Considerando los efectos crecientes del cambio climático se recomienda colectar datos que permitan poder relacionar el estado de conservación de las especies con variables ambientales tales como: temperatura, salinidad, acidificación, corrientes, etc.

Protocolos PRONAMEC

Con el fin de evaluar la integridad ecológica del AMP o zona de estudio se recomienda realizar una evaluación integral de los distintos EFM de los protocolos PRONAMEC. Se sugiere que todos EFM sean calificados de acuerdo al promedio obtenido de la calificación de los indicadores (Sección 10). De esta forma, cada AMP puede evaluarse según una puntuación total final resultante de la suma de los valores obtenidos para cada EFM (SINAC 2016b).



Consideraciones

• Sitios prioritarios para la aplicación del Protocolo en Costa Rica

El presente protocolo está diseñado para que pueda aplicarse tanto dentro como fuera de AMPs y no se restringe solamente a Costa Rica. Se incentiva la aplicación de este protocolo en otros países de la región para así poder establecer comparaciones mediante datos estandarizados. Sin embargo, su creación persigue como uno de los principales objetivos evaluar la efectividad de manejo de las AMPs de Costa Rica por lo que se da prioridad al monitoreo dentro de dichas áreas.

Considerando el conocimiento actual sobre la presencia y distribución de grandes peces pelágicos y/o depredadores en Costa Rica (Campos et al. 1993, Sibaja-Cordero 2008, Chacón et al. 2010, Dapp et al. 2013, López-garro & Zanella 2014, Lopez-Garro & Zanella 2015, White et al. 2015, Clarke et al. 2018, Espinoza et al. 2018) y teniendo en cuenta los estándares del diseño experimental de este protocolo (profundidades 3 – 40 metros) se recomienda priorizar el uso del presente Protocolo los sitios presentados en el Cuadro 18.

CONDICIÓN	SITIOS EN COSTA RICA	UBICACIÓN EN COSTA RICA
AMPs reconocidas por presentar una mayor abundancia y diversi- dad de especies focales en estadio	Parque Nacional Isla del Coco	• Isla oceánica en el océano pacífico
adulto así como una alta cobertura en arrecifes coralinos	Reserva Biológica Isla del Caño	• Isla costera en el Pacífico Sur
AMPs reconocidas por presentar	Parque Nacional Islas Murciélago	Islas costeras en el Pacífico Norte
una mayor abundancia y diversi- dad de especies focales en estadio adulto	• Área Marina Manejo Bahía Santa Elena	Bahía costera con arrecifes rocosos y coralinos
estadio addito	Reserva absoluta Cabo Blanco	Zona costera en el Pacífico Central
AMPs con alta deficiencia en datos que podrían representar áreas de importancia para la	Parque Nacional Cahuita	• Zona costera Caribe Sur
conservación de las especies focales y donde hay una mayor cobertura en arrecifes coralinos	Refugio Nacional Gandoca Manzanillo	Zona costera Caribe Sur
Zonas no protegidas reconocidas por presentar una mayor abundancia y diversidad de especies focales en estadio adulto	• Islas Catalinas	• Islas costeras en el Pacífico Central
Áreas de crianza y alimentación de tiburones y rayas en estadios de vida vulnerables (hembras embarazadas, juveniles y/o crías)	• Golfo Dulce	• Golfo Pacífico Sur
Zonas con elevada diversidad de especies focales en estadios de vida vulnerables (hembras embarazadas, juveniles y/o crías) que traslapan con pesquerías	• Franja costera del Pacífico Sur	• Zona costera Pacífico Sur

Cuadro 18. Condiciones y sitios prioritarios recomendados para la aplicación del presente protocolo en Costa Rica.

La prioridad de sitios de monitoreo establecida en el Cuadro 18 debe de adaptarse al nuevo conocimiento que se espera adquirir sobre la distribución y abundancia de las especies focales de este protocolo. Sin embargo, se recomienda usar las condiciones establecidas como referencia a la hora de seleccionar sitios prioritarios para el monitoreo. Además, hay que tener en consideración que las cámaras remotas submarinas funcionan mejor en ambientes con aguas claras, por lo que los resultados podrían ser limitados en zonas costeras con elevada sedimentación.

• Pasos a seguir para la aplicación del Protocolo

- 1. Informarse: Leerse este documento detenidamente así como otras fuentes de información sobre las especies focales en el área de estudio
- 2. Asignar responsabilidades: determinar las personas responsables de la colección de datos en el campo y del análisis de videos. Se recomienda que en la medida de lo posible sean siempre las mismas personas las responsables de la aplicación del Protocolo para introducir menos sesgos en los datos y para aprovechar el conocimiento adquirido de la experiencia. Se requiere de una persona con experiencia en identificación de peces para el análisis de los videos.
- 3. Conseguir equipo necesario (Anexo 4). Idealmente el equipo necesario será proporcionado por SINAC. Sin embargo, si fuera necesario se podría contar con apoyo de ONG'S o empresas privadas que quieran colaborar en el monitoreo. También puede compartirse el equipo entre distintas AMPs de Costa Rica hasta que cada una consiga su equipo propio.
- 4. Diseñar el plan de monitoreo: establecer fechas (estación seca y lluviosa) y sitios de monitoreo. La selección de sitios debe de realizarse según las características ecológicas presentes en la zona de estudio y según los intereses para el manejo de los recursos presentes. Se recomienda el apoyo de expertos en esta fase del monitoreo.
- 5. Aplicar el protocolo: la aplicación del protocolo debería de poderse realizar de forma independiente con la información presentada en este protocolo. Sin embargo se recomienda que los asignados responsables participen previamente en el monitoreo de otras áreas para recibir la capacitación adecuada y así optimizar la calidad de los resultados obtenidos.
- 6. Procesar los datos de campo y guardar los videos: se recomienda procesar los datos y guardar los videos el mismo día en que éstos se recolectaron por mayor seguridad de los datos. Seguir los pasos establecidos en la Sección 9 de este documento. Es importante archivar las hojas de campo para poder revisarlas en el futuro si fuera necesario.

- **7. Revisar los videos y procesar datos:** se recomienda realizar el análisis de los videos antes de la segunda toma de datos del año para evitar que se acumule el trabajo y para evaluar la calidad de los videos obtenida y así evitar cometer los mismos errores para próximas expediciones. Seguir los pasos establecidos en la Sección 9 para el procesamiento de datos de los videos.
- **8. Proteger los datos:** enviar los datos a la persona responsable del análisis e interpretación de datos para que los resultados no estén en una sola computadora y para dar constancia del trabajo realizado. Se recomienda realizar una copia del documento Excel donde se almacenan los datos y tener mucho cuidado con los discos externos ya que si estos se golpean o se pierden se pierde toda la información.
- **9. Realizar análisis cada 5 años:** es importante evaluar los resultados año tras año, sin embargo se recomienda realizar un análisis más completo cada 5 años donde participen científicos expertos, administradores del AMP así como otros actores clave para la toma de decisiones. De esta forma se podrán evaluar tendencias poblacionales y relacionar con posibles fuentes de amenaza promoviendo así un manejo adaptativo el cual establece prioridades y regulaciones según los resultados obtenidos.

Apoyo externo

La aplicación de protocolos de monitoreo en AMPs de Costa Rica se ha visto en muchas ocasiones limitado por la falta de recursos y personal necesarios. A pesar de que los protocolos del PRONAMEC están creados con la visión de que los Guardaparques de las AMPs sean los responsables del monitoreo, se recomienda establecer enlaces con agentes externos que aseguren el éxito de la aplicación del protocolo. El apoyo externo se puede encontrar en expertos científicos, personas de la comunidad, ONG's o empresas privadas. La participación de la comunidad y otros actores clave promueve la participación, inclusión y respeto de las normas por lo que se ha identificado en numerosas ocasiones como un aspecto clave para el éxito de estrategias de conservación y la efectividad de manejo en AMPs (Arias et al. 2015, Rigby et al. 2019).

El apoyo de científicos expertos es importante en la evaluación de los resultados a realizar cada 5 años que permita evaluar tendencias poblacionales, extraer información especie-específica y poder asociar los resultados a variables ambientales y/o antropogénicas.

Además se recomienda fortalecer la Unidad Marina del SINAC integrada por Guardaparques de distintas AMPs de Costa Rica la mayoría de los cuales disponen de un mayor conocimiento y experiencia en temas de monitoreo marinos. Se recomienda asignar un grupo de 3 o 4 miembros de la Unidad Marina a aquellas AMP que quieran aplicar el protocolo. De esta forma se promueve la ejecución del monitoreo con un grupo de funcionarios bien capacitados, comprometidos y motivados con su trabajo.

Presupuesto

Una de las ventajas del uso de cámaras remotas submarinas se basa en la relación calidad y cantidad de los datos versus la inversión económica mínima necesaria para obtenerlos. Eso es especialmente importante si comparamos esta técnica de monitoreo con otras técnicas utilizadas para el estudio de grandes peces pelágicos y/o depredadores las cuales necesitan una mayor inversión en el equipo necesario para el monitoreo tales como marcaje satelital y acústico (elevado costo de marcas y receptores) o bien una mayor inversión de tiempo para lograr la misma cantidad de datos tales como los censos visuales.

En el Cuadro 19 se presentan todos los posibles costos asociados a la implementación del Protocolo considerando que sea el primer año de monitoreo. Sin embargo, los costos pueden variar según los recursos disponibles en el AMP, según la cantidad de réplicas en cada zona así como según las necesidades de apoyo que se requieran. Además la inversión del año 1 es superior a la de años consecutivos debido a la compra del equipo. Para considerar tales diferencias, en el Cuadro 20 se estiman los costos asociados a la implementación del Protocolo según tres casos hipotéticos en el año 1 y a partir del año 2 de monitoreo. Los casos hipotéticos son:

- (A) El AMP no dispone de embarcación ni de recursos para cubrir el alojamiento ni alimentación de los participantes. El AMP requiere de apoyo para análisis de videos y de datos
- **(B)** El AMP dispone de embarcación y de recursos para cubrir el alojamiento y alimentación de los participantes. El AMP requiere de apoyo para análisis de videos y de datos
- **(C)** El AMP dispone de embarcación y de recursos para cubrir el alojamiento y alimentación de los participantes. El AMP no requiere de apoyo para análisis de videos y de datos

Además debe de considerarse la opción de establecer convenios con otras AMPs, ONG's o Universidades y así poder disponer de equipo prestado hasta que se tenga la capacidad de conseguir el propio. Estas formas de apoyo disminuirían considerablemente el costo inicial.

Cuadro 19. Presupuesto necesario para la aplicación del presente Protocolo considerando todos los posibles gastos asociados. Los costos calculados son del primer año de monitoreo. Ver Cuadro 20 para conocer los costos de años consecutivos según cada caso.

EQIIPO	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
EQUIPO BÁSICO M	ONITOREO		
Cámaras GoPro Hero 5 Black	4	265	1060
Tarjetas de memoria 64 GB	4	54	216
Sensor de temperatura y visibilidad	4	64	256
GPS	1	84	85
Sensor de profundidad manual	1	67	67
Disco duro	1	50	50
Papel de agua (50 unidades por paquete)	1	40	40
Bases para montar cámaras a las estaciones	4	11	44
Estaciones semi-pelágicas (o pelágicas)	4	130	520
Línea plástica (metros)	150	3	450
Mecate sazón (rollos de 18 metros)	4	6	24
Línea superficial etaciones pelágicas (kg)	14	6	84
Tuna clips	20	0.5	10
Boyas chinas intermedias	4	12	48
Boyas amarillas superfície pequeñas	8	9	72
Boyas chinas grandes (anclaje estaciones semi-pelágicas)	4	15	60
Boyas grandes superficiales (para estaciones pelágicas)	4	80	320
Plomos (kg)	15	5	75
TOTAL			\$3,840
EQUIPO COMPLEMENTA	RIO MONITOREC		
Caja para herramientas	1	15	15
Herramientas (destornilladores, cortadora, alicates, etc.)	5	5	25
Gasas finas (paquete de 100 unidades)	1	7	7

Gasas gruesas (paquete de 20 unidades) 1 5 5 Baldes para carnada 2 15 30 Guantes (pares) 4 6 24 Cuchillo para cortar carnada 1 15 15 Tabla de picar 1 4 4 Aceite DW40 1 5 5 Hielera (opcional) 1 25 25 Baterías AAA (paquetes de 4 baterías) 2 5 10 Batería extra sensor profundidad (Batería 9 voltios) 1 3 3 Regletas 2 4 8 Cargadores dobles USB 8 5 40 Extensión 1 4 4 Folder plástico para papel de agua 1 10 10 TOTAL \$230 CASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 25 200 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Allimentación 4 personas (por día) </th <th></th> <th>1</th> <th></th> <th></th>		1								
Guantes (pares) 4 6 24 Cuchillo para cortar carnada 1 15 15 Tabla de picar 1 4 4 4 Aceite DW40 1 5 5 Batería (opcional) 1 25 25 Baterías AAA (paquetes de 4 baterías) 2 5 10 Batería extra sensor profundidad (Batería 9 voltios) 1 3 3 Regletas 2 4 8 Cargadores dobles USB 8 5 40 Extensión 1 4 4 4 Folder plástico para papel de agua 1 100 10 TOTAL \$230 GASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 250 2000 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Alimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL \$3,840 Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800	Gasas gruesas (paquete de 20 unidades)	1	5	5						
Cuchillo para cortar carnada 1 15 15 Tabla de picar 1 4 4 Aceite DW40 1 5 5 Hielera (opcional) 1 25 25 Batería AAA (paquetes de 4 baterías) 2 5 10 Batería extra sensor profundidad (Batería 9 voltios) 1 3 3 Regletas 2 4 8 Cargadores dobles USB 8 5 40 Extensión 1 4 4 Folder plástico para papel de agua 1 10 10 TOTAL \$230 GASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 250 2000 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Allimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS </td <td>Baldes para carnada</td> <td>2</td> <td>15</td> <td>30</td>	Baldes para carnada	2	15	30						
Tabla de picar	Guantes (pares)	4	6	24						
Aceite DW40 1 5 5 Hielera (opcional) 1 25 25 Baterías AAA (paquetes de 4 baterías) 2 5 10 Batería extra sensor profundidad (Batería 9 voltios) 1 3 3 Regletas 2 4 8 Cargadores dobles USB 8 5 40 Extensión 1 4 4 4 Folder plástico para papel de agua 1 10 10 TOTAL \$230 CASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 250 2000 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Alimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL \$3,840 Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 100 20 800 TOTAL \$2,800	Cuchillo para cortar carnada	1	15	15						
Hielera (opcional)	Tabla de picar	1	4	4						
Baterías AAA (paquetes de 4 baterías) 2 5 10	Aceite DW40	1	5	5						
Batería extra sensor profundidad (Batería 9 voltios) 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3	Hielera (opcional)	1	25	25						
Regletas 2 4 8 Cargadores dobles USB 8 5 40 Extensión 1 4 4 Folder plástico para papel de agua 1 10 10 TOTAL \$230 GASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 250 2000 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Alimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL \$3,840 APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800	Baterías AAA (paquetes de 4 baterías)	2	5	10						
Cargadores dobles USB 8 5 40 Extensión 1 4 4 Folder plástico para papel de agua 1 10 10 TOTAL \$230 GASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 250 2000 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Alimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL \$3,840 APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL	Batería extra sensor profundidad (Batería 9 voltios)	1	3	3						
Extensión 1 4 4 Folder plástico para papel de agua 1 10 10 TOTAL \$230 GASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 250 2000 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Alimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL \$3,840 APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	Regletas	2	4	8						
TOTAL \$230	Cargadores dobles USB	8	5	40						
TOTAL \$230 GASTOS ASOCIADOS AL TRABAJO DE CAMPO Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) 8 250 2000 Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Alimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL \$3,840 APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	Extensión	1	4	4						
Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) Alojamiento 4 personas (por noche) Alimentación 4 personas (por día) Carnada (kg) Fransporte San José - área de estudio (por trayecto) TOTAL APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) Horas de análisis de datos por un especialista (por año) TOTAL \$2,800	Folder plástico para papel de agua	1	10	10						
Renta de embarcación por día (gasolina y capitán) Alojamiento 4 personas (por noche) 8 25 200 Alimentación 4 personas (por día) 8 30 240 Carnada (kg) 64 1.5 96 ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL \$3,840 APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	TOTAL			\$230						
Alojamiento 4 personas (por noche) Alimentación 4 personas (por día) Carnada (kg) Fransporte San José - área de estudio (por trayecto) TOTAL APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) Horas de análisis de datos por un especialista (por año) TOTAL \$3,840 \$400 2000 800 TOTAL \$2,800	GASTOS ASOCIADOS AL TI	RABAJO DE CAM	РО							
Alimentación 4 personas (por día) Carnada (kg) Fransporte San José - área de estudio (por trayecto) TOTAL APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) Horas de análisis de datos por un especialista (por año) TOTAL \$2.5 ### APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS #### APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS #################################	Renta de embarcación por día (gasolina y capitán)	8	250	2000						
Carnada (kg) fransporte San José - área de estudio (por trayecto) APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) Horas de análisis de datos por un especialista (por año) TOTAL \$2,800	Alojamiento 4 personas (por noche)	8	25	200						
ransporte San José - área de estudio (por trayecto) 4 2.5 100 TOTAL APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	Alimentación 4 personas (por día)	8	30	240						
TOTAL APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	Carnada (kg)	64	1.5	96						
APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	ransporte San José - área de estudio (por trayecto)	4	2.5	100						
Horas de análisis de videos por un especialista (por año) 100 20 2000 Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	TOTAL			\$3,840						
Horas de análisis de datos por un especialista (por año) 40 20 800 TOTAL \$2,800	APOYO DE EXPERTOS EN EL ANÁLISIS									
TOTAL \$2,800	Horas de análisis de videos por un especialista (por año)	100	20	2000						
•	Horas de análisis de datos por un especialista (por año)	40	20	800						
COSTO TOTAL APLICACIÓN PROTOCOLO \$9,146	TOTAL \$2,800									
	COSTO TOTAL APLICACIÓN PROTOCOLO \$9,146									

Cuadro 20. Presupuesto necesario para la aplicación del presente Protocolo bajo 3 casos hipotéticos: (A) El AMP no dispone de recursos para el trabajo de campo y requiere de apoyo para el análisis; (B) El AMP dispone de recursos para el trabajo de campo pero requiere de apoyo para el análisis; (C) AMP dispone de recursos para el trabajo de campo y no requiere de apoyo para el análisis. La inversión asociada a cada caso se calcula para el primer año de monitoreo (año 1) así como para años consecutivos (año 2).

INIVERCIÓNI	CAS	O A	CASO B		CASO C	
INVERSIÓN	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
Equipo básico de monitoreo	\$3480	\$0	\$3480	\$0	\$3480	\$0
Equipo complementario	\$230	\$0	\$230	\$0	\$230	\$0
Gastos asociados trabajo campo	\$2636	\$2636	\$150	\$150	\$150	\$150
Apoyo expertos análisis	\$2800	\$2800	\$2800	\$2800	\$0	\$0
TOTAL	\$9146	\$5436	\$6660	\$2950	\$3806	\$150



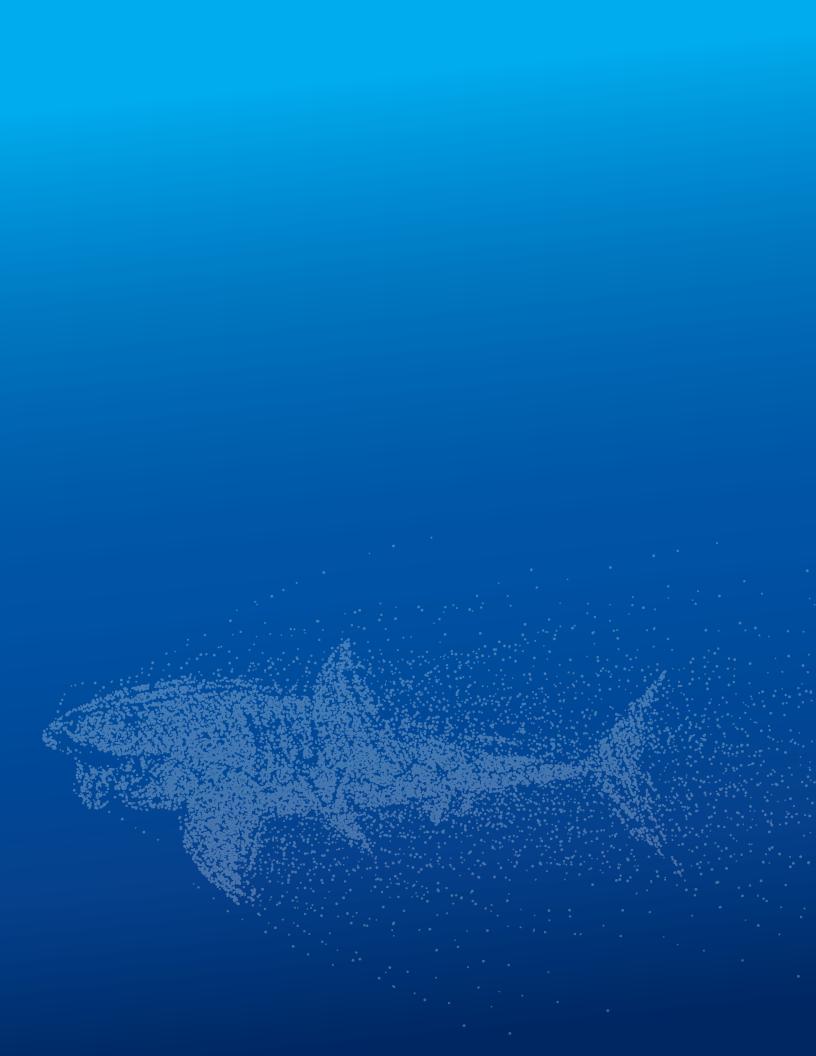
Guías para la Identificación de Especies Focales

- Guía del Instituto de Investigación Smithsonian:
- Pacífico:https://biogeodb.stri.si.edu/sftep/en/thefishes/species/
- Caribe: https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/en/thefishes/species/
- Guías de la FAO: http://www.fao.org/fishery/org/fishfinder/3,3/en
- Sharks of the world
- Sharks 1 (Hexanchiformes to Lamniformes)
- Sharks 2 (Order Carcharhiniformes)
- · Scombrids of the world
- Billfishes of the world
- Fishbase: http://www.fishbase.org
- Encyclopedia of Life: https://eol.org
- Libro: Humann, P & N. Deloach. 2004. Reef Fish Identification: Baja to Panama. New World Publications, Inc., USA.

13 Acrónimos

• A continuación se presenta el significado de las abreviaciones utilizadas a lo largo del documento:

AEC	Atributo ecológico clave
АМР	Áreas Marinas Protegida
AVP	Ámbito de variación permisible
BRUVS	Baited Remote Underwater Video System
EFM	Elemento focal de manejo
GFI	Grupo/s functional/es indicador/es
LT	Longitud total común
PRONAMEC	Programa Nacional de Monitoreo Ecológico de Costa Rica
SEC	Servicio Ecológico Clave
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica



14

Metodología

Alvarado JJ, Beita-Jiménez A, Mena S, Fernández-García C, Guzman-Mora AG, Cortés J (2016) Coral reefs of Isla del Coco National Park, Costa Rica: Structure and comparison (1987-2014). Rev Biol Trop 64:S153-S176.

Alvarado JJ, Herrera B, Corrales L, Asch J, Paaby P (2011) Identificación de las prioridades de conservación de la biodiversidad marina y costera en Costa Rica. Biol Trop 59:829-842.

Anado D, Agrosa CD, Gondor A, Gerber LR (2011) Quantifying the Spatial Ecology of Wide-Ranging Marine Species in the Gulf of California: Implications for Marine Conservation Planning. PLoS One 6:1-10.

Andradi-Brown DA, Macaya-Solis C, Exton DA, Gress E, Wright G, Rogers AD (2016) Assessing caribbean shallow and mesophotic reef fish communities using Baited-Remote Underwater Video (BRUV) and diver-operated video (DOV) survey techniques. PLoS One 11.

Angel M V (1993) Biodiversity of the Pelagic Ocean. Conserv Biol 7 (4):760-772.

Arias A, Cinner JE, Jones RE, Pressey RL (2015) Levels and drivers of fishers' compliance with marine protected areas. Ecol Soc 20.

Assis J, Narváez K, Haroun R (2007) Underwater towed video: A useful tool to rapidly assess elasmobranch populations in large marine protected areas. J Coast Conserv 11:153–157.

Barord GJ, Dooley F, Dunstan A, Ilano A, Keister KN, Neumeister H, Preuss T, Schoepfer S, Ward PD (2014) Comparative population assessments of Nautilus sp. in the Philippines, Australia, Fiji, and American Samoa using baited remote underwater video systems. PLoS One 9:4–8.

Baum JK, Myers RA, Kehler DG, Worm B, Harley SJ, Doherty PA (2003) Collapse and Conservation of Shark Populations in the Northwest Atlantic. Science (80-) 299:389-392.

Bond ME, Babcock EA, Pikitch EK, Abercrombie DL, Lamb NF, Chapman DD (2012) Reef Sharks Exhibit Site-Fidelity and Higher Relative Abundance in Marine Reserves on the Mesoamerican Barrier Reef. PLoS One 7:1-14.

Bouchet PJ, Meeuwig JJ (2015) Drifting baited stereo-videography: A novel sampling tool for surveying pelagic wildlife in offshore marine reserves. Ecosphere 6.

Bradshaw CJA, Fitzpatrick BM, Steinberg CC, Brook BW, Meekan MG (2008) Decline in whale shark size and abundance at Ningaloo Reef over the past decade: The world's largest fish is getting smaller. Biol Conserv 141:1894–1905.

Brena PF, Mourier J, Planes S, Clua E (2015) Shark and ray provisioning functional insights into behavioral, ecological and physiological responses across multiple scales. Mar Ecol Prog Ser 538:273–283.

Cambra M, Lara-Lizardi F, Peñaherrera C, Hearn A, Ketchum JT, Zarate p, Chacón C, Suárez J, Herrera E, Espinoza E (in prep). A first assessment of the distribution and diversity of pelagic species at Cocos Ridge seamounts (Eastern Tropical Pacific) using drifting baited remoted cameras.

Camhi M, Pikitch E (2008) Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation. Campos JA, Segura A, Lizano O, Madrigal E (1993) Ecologia básica de Coryphaena hippurus (Pisces: Coryphaenidae) y abundancia de otros grandes pelágicos en el Pacifico de Costa Rica. Rev Biol Trop 41:783-790.

Cappo M a, Harvey EB, Malcolm HC, Speare P (2003) Potential of Video Techniques To Monitor Diversity, Abundance and Size of Fish in Studies of Marine Protected Areas. In: Aquatic Protected Areas-what works best and how do we know. p 455-464

Cappo M, Speare P, De'Ath G (2004) Comparison of baited remote underwater video stations (BRUVS) and prawn (shrimp) trawls for assessments of fish biodiversity in inter-reefal areas of the Great Barrier Reef Marine Park. J Exp Mar Bio Ecol 302:123–152.

Chacón MY, Gutiérrez Li A, Fernández Garcia C, Lüke Bolaños R, Rojas F, González G (2010) Análisis de la contribución económica de la pesca deportiva y comercial a la economía de Costa Rica Introducción. San José. Costa Rica.

Chin A, Simpfendorfer CA, Tobin AJ (2013) Ontogenetic movements of juvenile blacktip reef sharks: evidence of dispersal and connectivity between coastal habitats and coral reefs. Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst 23 (3):468-474.

Cisneros-Montemayor AM, Barnes-Mauthe M, Al-Abdulrazzak D, Navarro-Holm E, Sumaila UR (2013) Global economic value of shark ecotourism: Implications for conservation. Oryx 47:381-388.

Clarke TM, Espinoza M, Romero Chaves R, Wehrtmann IS (2018) Assessing the vulnerability of demersal elasmobranchs to a data-poor shrimp trawl fishery in Costa Rica, Eastern Tropical Pacific. Biol Conserv 217:321–328.

Colton MA, Swearer SE (2010) A comparison of two survey methods: Differences between underwater visual census and baited remote underwater video. Mar Ecol Prog Ser 400:19–36.

Cortés J, Sánchez-Jiménez A, Rodríguez-Arrieta JA, Quirós-Barrantes G, González PC, Blum S (2012) Elasmobranchs observed in deepwaters (45-330m) at Isla del Coco National Park, Costa Rica (Eastern Tropical pacific). Rev Biol Trop 60:257-273.

Cortés J, Wehrtmann IS (2009) Diversity of Marine Habitats of the Caribbean and Pacific of Costa Rica. In: Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Cortés J, Wehrtmann IS (eds) Springer, p 1-45

Dapp D, Arauz R, Spotila JR, O'Connor MP (2013) Impact of Costa Rican longline fishery on its bycatch of sharks, stingrays, bony fish and olive ridley turtles (Lepidochelys olivacea). J Exp Mar Bio Ecol 448:228–239.

Devitt KR, Adams VM, Kyne PM (2015) Australia's protected area network fails to adequately protect the world's most threatened marine fishes. Glob Ecol Conserv 3:401-411.

Dorman SR, Harvey ES, Newman SJ (2012) Bait effects in sampling coral reef fish assemblages with stereo-BRUVs. PLoS One 7:1-12.

Dulvy NK et al. (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.

Dulvy NK, Fowler SL, Musick JA, Cavanagh RD, Kyne PM, Harrison LR, Carlson JK, Davidson LNK, Fordham S V., Francis MP, Pollock CM, Simpfendorfer CA, Burgess GH, Carpenter KE.

Compagno LJV, Ebert DA, Gibson C, Heupel MR, Livingstone SR, Sanciangco JC, Stevens JD, Valenti S, White WT (2014) Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. Elife 2014:1-34.

Dulvy NK, Freckleton RP, Polunin NVC (2004) Coral reef cascades and the indirect effects of predator removal by exploitation. Ecol Lett 7:410-416.

Economakis AE, Lobel PS (1998) Aggregation behavior of the grey reef shark, Carcharhinus amblyrhynchos, at Johnston Atoll, Central Pacific Ocean. Environ Biol Fishes 51:129–139.

Espinoza M, Arce TA, Zamora IC, Chinchilla I (2020) Monitoring elasmobranch assemblages in a data - poor country from the Eastern Tropical Pacific using baited remote underwater video stations. Sci Rep:1–18.

Espinoza M, Cappo M, Heupel MR, Tobin AJ, Simpfendorfer CA (2014) Quantifying shark distribution patterns and species-habitat associations: Implications of Marine Park zoning. PLoS One 9.

Espinoza M, Díaz E, Angulo A, Hernández S, Clarke TM (2018) Chondrichthyan Diversity, Conservation Status, and Management Challenges in Costa Rica. Front Mar Sci 5:1-15.

Espinoza M, Ledee EJI, Simpfendorfer CA, Tobin AJ, Heupel MR (2015) Contrasting movements and connectivity of reef-associated sharks using acoustic telemetry: Implications for management. Ecol Appl 25:2101–2118.

Espinoza M, Matley J, Heupel M, Tobin A, Fisk A, Simpfendorfer C (2019) Multi-tissue stable isotope analysis reveals resource partitioning and trophic relationships of large reef-associated predators. Mar Ecol Prog Ser 615:159–176.

Espinoza M, Salas E (2005) Estructura de las comunidades de peces de arrecife en las Islas Catalinas y Playa Ocotal, Pacífico Norte de Costa Rica. Rev Biol Trop 53(3-4):523-536.

Ferretti F, Worm B, Britten GL, Heithaus MR, Lotze HK (2010) Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. Ecol Lett 13:1055–1071.

Friedlander AM, DeMartini EE (2002) Contrasts in density, size, and biomass of reef fishes between the northwestern and the main Hawaiian islands: The effects of fishing down apex predators. Mar Ecol Prog Ser 230:253–264.

Friedlander AM, Zgliczynski BJ, Ballesteros E, Aburto-Oropeza O, Bolaños A, Sala E (2012) The shallow-water fish assemblage of Isla del Coco National Park, Costa Rica: Structure and patterns in an isolated, predator-dominated ecosystem. Rev Biol Trop 60:321–338.

Gallagher AJ, Hammerschlag N (2011) Global shark currency: The distribution frequency and economic value of shark ecotourism. Curr Issues Tour 14:797–812.

Gallagher AJ, Orbesen ES, Hammerschlag N, Serafy JE (2014) Vulnerability of oceanic sharks as pelagic longline bycatch. Glob Ecol Conserv 1:50-59.

Game ET, Grantham HS, Hobday AJ, Pressey RL, Lombard AT, Beckley LE, Gjerde K, Bustamante R, Possingham HP, Richardson AJ (2009) Pelagic protected areas: the missing dimension in ocean conservation. Trends Ecol Evol 24:360–369.

Garla RC, Chapman DD, Shivji MS, Wetherbee BM, Amorim AF (2006) Habitat of juvenile Caribbean reef sharks, Carcharhinus perezi, at two oceanic insular marine protected areas in the southwestern Atlantic Ocean: Fernando de Noronha Archipelago and Atol das Rocas, Brazil. Fish Res 81:236-241.

Giakoumi S, Mcgowan J, Mills M, Beger M (2018) Revisiting "Success" and "Failure" of Marine Protected Areas: A Conservation Scientist Perspective. 5:1-5.

Graham E, Banks SA, Bessudo S, Cortés J, Guzmán HM, Henderson S, Martinez C, Rivera F, Soler G, Ruiz D, Zapata FA (2011) Variation in reef fish and invertebrate communities with level of protection from fishing across the Eastern Tropical Pacific seascape. Glob Ecol Biogeogr 20:730-743.

Graham J. E, Stuart-Smith RD, Willis TJ, Kininmonth S, Baker SC, Banks S, Barrett NS, Becerro MA, Bernard ATF, Berkhout J, Buxton CD, Campbell SJ, Cooper AT, Davey M, Edgar SC, Försterra G, Galván DE, Irigoyen AJ, Kushner DJ, Moura R, Parnell PE, Shears NT, Soler G, Strain EMA, Thomson RJ (2014) Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. Nature 506:216–220.

Graham NAJ, Spalding MD, Sheppard CRC (2010) Reef shark declines in remote atolls highlight the need for multi-faceted conservation action. Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst 20:543-548.

Hardinge J, Harvey ES, Saunders BJ, Newman SJ (2013) A little bait goes a long way: The influence of bait quantity on a temperate fish assemblage sampled using stereo-BRUVs. J Exp Mar Bio Ecol 449:250-260.

Harvey E, Fletcher D, Shortis MR, Kendrick GA (2004) A comparison of underwater visual distance estimates made by scuba divers and a stereo-video system: implications for underwater visual census of reef fish abundance. Mar Freshw Res 55:573–580.

Harvey ES, Cappo M, Butler JJ, Hall N, Kendrick GA (2007) Bait attraction affects the performance of remote underwater video stations in assessment of demersal fish community structure. Mar Ecol Prog Ser 350:245–254.

Harvey ES, Mclean DL, Frusher SD, Haywood MDE, Newman SJ, Williams A (2013) The use of BRUVs as a tool for assessing marine fisheries and ecosystems: a review of the hurdles and potential. Univ West Aust:42.

Heagney EC, Lynch TP, Babcock RC, Suthers IM (2007) Pelagic fish assemblages assessed using mid-water baited video: Standardising fish counts using bait plume size. Mar Ecol Prog Ser 350:255-266.

Hearn A, Ketchum J, Klimley AP, Espinoza E, Peñaherrera C (2010) Hotspots within hotspots? Hammerhead shark movements around Wolf Island, Galapagos Marine Reserve. Mar Biol 157:1899–1915.

Heithaus MR, Frid A, Wirsing AJ, Worm B (2008) Predicting ecological consequences of marine top predator declines. Trends Ecol Evol 23:202–210.

Heupel MR, Carlson JK, Simpfendorfer CA (2007) Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization and assumptions. Mar Ecol Prog Ser 337:287–297.

Heupel MR, Knip DM, Simpfendorfer CA, Dulvy NK (2014) Sizing up the ecological role of sharks as predators. Mar Ecol Prog Ser 495:291-298.

Heupel MR, Simpfendorfer CA (2014) Importance of environmental and biological drivers in the presence and space use of a reef-associated shark. Mar Ecol Prog Ser 496:47–57.

Heupel MR, Simpfendorfer CA, Fitzpatrick R (2010) Large – Scale Movement and Reef Fidelity of Grey Reef Sharks. PLoS One 5:1-5.

Hobday JA, Ward Ti, Griffiths S (2009) Pelagic Fishes and Sharks. Mar Clim Chang Impacts Adapt Rep Card Aust 2012:323–352.

Huveneers C, Rogers PJ, Beckmann C, Semmens JM, Bruce BD, Seuront L (2013) The effects of cage-diving activities on the fine-scale swimming behaviour and space use of white sharks. Mar Biol 160:2863–2875.

Johansson C, Stowar M, Cappo M (2008) The use of stereo BRUVS for measuring fish size. Cairns.

Ketchum JT, Hearn A, Klimley AP, Espinoza E, Peñaherrera C, Largier JL (2014) Seasonal changes in movements and habitat preferences of the scalloped hammerhead shark (Sphyrna lewini) while refuging near an oceanic island. Mar Biol 161:755–767.

Ladds MA, Sibanda N, Arnold R, Dunn MR (2018) Creating functional groups of marine fish from categorical traits. PeerJ 6:27.

Langlois TJ, Harvey ES, Fitzpatrick B, Meeuwig JJ, Shedrawi G, Watson DL (2010) Cost-efficient sampling of fish assemblages: Comparison of baited video stations and diver video transects. Aquat Biol 9:155–168.

Letessier TB, Meeuwig JJ, Gollock M, Groves L, Bouchet PJ, Chapuis L, Vianna GMS, Kemp K, Koldewey HJ (2013) Assessing pelagic fish populations: The application of demersal video techniques to the mid-water environment. Methods Oceanogr 8:41–45.

López-Garro A, Arauz R, Zanella I, Foulgo L Le (2009) Análisis de las capturas de tiburones y rayas en las pesquerías artesanales de Tárcoles, Pacífico Central de Costa Rica. Rev Ciencias Mar y Costeras 1:145–157.

Lopez-Garro A, Zanella I (2015) Tiburones y rayas capturados por pesquerías artesanales con línea de fondo en el Golfo Dulce, Costa Rica. Rev Biol Trop 63:183-198.

López-garro A, Zanella I (2014) Capturas de la raya Dasyatis longa (Myliobatiformes : Dasyatidae) en las pesquerías artesanales de Golfo Dulce , Costa Rica. Rev Biol Trop 63:319-327.

López-Garro A, Zanella I, Golfín-Duarte G, Pérez-Montero M (2012) First record of the blacktip reef shark Carcharhinus melanopterus (Carcharhiniformes : Carcharhinidae) from the Tropical Eastern Pacific. Rev Biol Trop 60:275-278.

Maljković A, Côté IM (2011) Effects of tourism-related provisioning on the trophic signatures and movement patterns of an apex predator, the Caribbean reef shark. Biol Conserv 144:859-865.

Mallet D, Pelletier D (2014) Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952-2012). Fish Res 154:44-62.

McAllister JD, Barnett A, Lyle JM, Semmens JM (2015) Examining the functional role of current area closures used for the conservation of an overexploited and highly mobile fishery species. ICES J Mar Sci:1-11.

McCauley DJ, Pinsky ML, Palumbi SR, Estes JA, Joyce FH, Warner RR (2015) Marine defaunation: animal loss in the global ocean. Science (80) 347:247–254.

McLean DL, Green M, Harvey ES, Williams A, Daley R, Graham KJ (2015) Comparison of baited longlines and baited underwater cameras for assessing the composition of continental slope deepwater fish assemblages off southeast Australia. Deep Res Part I Oceanogr Res Pap 98:10–20.

Murchie KJ, Schwager E, Cooke SJ, Danylchuk AJ, Danylchuk SE, Goldberg TL, Suski CD, Philipp DP (2010) Spatial ecology of juvenile lemon sharks (Negaprion brevirostris) in tidal creeks and coastal waters of Eleuthera, The Bahamas. Environ Biol Fishes 89:95–104.

Myers RA, Worm B (2005) Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. Philos Trans R Soc B Biol Sci 360:13-20.

Myers RA, Worm B (2003a) Rapid worldwide depletion of large predatory fish communities. Nature 423:280–283.

Myers RA, Worm B (2003b) Rapid worlwide depletion of predatory fish communities. Nature 423:280-283.

O Shea OR, Kingsford MJ, Seymour J (2010) Tide-related periodicity of manta rays and sharks to cleaning stations on a coral reef. Mar Freshw Res 61:65-73.

Oliver SP, Hussey NE, Turner JR, Beckett AJ (2011) Oceanic sharks clean at coastal seamount. PLoS One 6.

Pauly D, Palomares ML (2005) Fishing down marine food web: It is far more pervasive than we thought. Bull Mar Sci 76:197-211.

Pelletier D, Leleu K, Mou-Tham G, Guillemot N, Chabanet P (2011) Comparison of visual census and high definition video transects for monitoring coral reef fish assemblages. Fish Res 107:84-93.

Petrosillo I, Zurlini G, Corlianò ME, Zaccarelli N, Dadamo M (2007) Tourist perception of recreational environment and management in a marine protected area. Landsc Urban Plan 79:29-37.

Prato G, Guidetti P, Bartolini F, Mangialajo L, Francour P (2013) The importance of high-level predators in marine protected area management: Consequences of their decline and their potential recovery in the Mediterranean context. Adv Oceanogr Limnol 4:176–193.

Quimbayo JP, Dias MS, Kulbicki M, Mendes TC, Lamb RW, Johnson AF, Aburto-Oropeza O, Alvarado JJ, Bocos AA, Ferreira CEL, Garcia E, Luiz OJ, Mascareñas-Osorio I, Pinheiro HT, Rodriguez-Zaragoza F, Salas E, Zapata FA, Floeter SR (2019) Determinants of reef fish assemblages in tropical Oceanic islands. Ecography (Cop) 42:77-87

Rees MJ, Knott NA, Fenech G V., Davis AR (2015) Rules of attraction: Enticing pelagic fish to mid-water remote underwater video systems (RUVS). Mar Ecol Prog Ser 529:213–218.

Rigby CL, Simpendorfer C, Cornish A (2019) A Practical Guide to Effective Design and Management of MPAs for Sharks and Rays. Gland, Switzerland.

Rizzari JR, Frisch AJ, Magnenat KA (2014) Diversity, abundance, and distribution of reef sharks on outer-shelf reefs of the Great Barrier Reef, Australia. Mar Biol 161:2847–2855.

Roff G, Doropoulos C, Rogers A, Bozec YM, Krueck NC, Aurellado E, Priest M, Birrell C, Mumby PJ (2016) The Ecological Role of Sharks on Coral Reefs. Trends Ecol Evol 31:395-407.

Ruppert JLW, Fortin M, Meekan MG, Roff G, Doropoulos C, Rogers A, Bozec Y, Krueck NC, Aurellado E, Priest M, Birrell C, Mumby PJ (2016) The Ecological Role of Sharks on Coral Reefs: Response to Reassessing Shark-Driven Trophic Cascades on Coral Reefs: A Reply to Ruppert et al. Trends Ecol Evol 31:586-587.

Ruppert JLW, Travers MJ, Smith LL, Fortin MJ, Meekan MG (2013) Caught in the Middle: Combined Impacts of Shark Removal and Coral Loss on the Fish Communities of Coral Reefs. PLoS One 8:1–9.

Santana-garcon J (2015) Pelagic stereo-BRUVs: Development and implementation of a fishery-independent technique to study pelagic fish assemblages.

Santana-Garcon J, Braccini M, Langlois TJ, Newman SJ, Mcauley RB, Harvey ES (2014a) Calibration of pelagic stereo-BRUVs and scientific longline surveys for sampling sharks. Methods Ecol Evol 5:824-833.

Santana-Garcon J, Newman SJ, Harvey ES (2014b) Development and validation of a mid-water baited stereo-video technique for investigating pelagic fi sh assemblages. J Exp Mar Bio Ecol 452:82–90.

Schlaff AM, Heupel MR, Simpfendorfer CA (2014) Influence of environmental factors on shark and ray movement, behaviour and habitat use: a review. Rev Fish Biol Fish 24(4):1089-1103.

Sciberras M, Jenkins SR, Kaiser MJ, Hawkins SJ, Pullin AS (2013) Evaluating the biological effectiveness of fully and partially protected marine areas. Environ Evid 2:1–31.

Sibaja-Cordero JA (2008) Tendencias espacio-temporales de los avistamientos de fauna marina en los buceos turísticos (Isla del Coco, Costa Rica). Rev Biol Trop 56:113-132.

Sibert J, Hampton J (2003) Mobility of tropical tunas and the implications for fisheries management. Mar Policy 27:87-95.

Sibert J, Senina I, Lehodey P, Hampton J (2012) Shifting from marine reserves to maritime zoning for conservation of Pacific bigeye tuna (Thunnus obesus). Proc Natl Acad Sci 109:18221-18225.

SINAC (2016a) Marco conceptual y guía metodológica para la integridad ecológica en Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica.

SINAC (2016b) Propuesta de actualización plan general de manejo del parque nacional isla del coco 2017-2026. Acevedo H, Obando V, Villalobos Y (eds) Sistema Nacional de Áreas de Conservación, San José, Costa Rica.

SINAC (2016c) Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el monitoreo ecológico de formaciones coralinas. Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas Protegidas. Programa. San José, Costa Rica.

Speed CW, Cappo M, Meekan MG (2018) Evidence for rapid recovery of shark populations within a coral reef marine protected area. Biol Conserv 220:308–319.

Speed CW, Meekan MG, Field IC, McMahon CR, Harcourt RG, Stevens JD, Babcock RC, Pillans

RD, Bradshaw CJA (2016) Reef shark movements relative to a coastal marine protected area. Reg Stud Mar Sci 3:58-66.

Stevens JD, Bonfil R, Dulvy NK, Walker PA (2000) The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. J Mar Sci 57:476–494.

Stevenson C, Katz LS, Micheli F, Block B, Heiman KW, Perle C, Weng K, Dunbar R, Witting J (2007) High apex predator biomass on remote Pacific islands. Coral Reefs 26:47–51.

Stewart BD, Beukers JS (2000) Baited technique improves censuses of cryptic fish in complex habitats. Mar Ecol Prog Ser 197:259–272.

Sward D, Espinoza M, Chin A (no date) Application of underwater video survey methods to sharks and rays: a review.

Taylor P, Silva C, Kerwath SE, Wilke CG, Næsje TF (2013) African Journal of Marine Science Quantifying the degree of protection afforded by a no-take marine reserve on an exploited shark. 37-41.

Tilman D (University of M (2001) Functional Diversity. Encycl Biodivers 3:109-121.

Watson DL, Harvey ES, Anderson MJ, Kendrick GA (2005) A comparison of temperate reef fish assemblages recorded by three underwater stereo-video techniques. Mar Biol 148:415–425.

Watson J, Estes JA (2011) Stability, resilience, and phase shifts in rocky subtidal communities along the west coast of Vancouver Island, Canada. Ecol Monogr 81:215–239.

White ER, Myers MC, Flemming JM, Baum JK (2015) Shifting elasmobranch community assemblage at Cocos Island-an isolated marine protected area. Conserv Biol 29:1186–1197.

White J, Simpfendorfer CA, Tobin AJ, Heupel MR (2013) Application of baited remote underwater video surveys to quantify spatial distribution of elasmobranchs at an ecosystem scale. J Exp Mar Bio Ecol 448:281–288.

Whitmarsh SK, Fairweather PG, Huveneers C (2017) What is Big BRUVver up to? Methods and uses of baited underwater video. Rev Fish Biol Fish 27:53-73.

Whoriskey S, Arauz R, Baum JK (2011) Potential impacts of emerging mahi-mahi fisheries on sea turtle and elasmobranch bycatch species. Biol Conserv 144:1841–1849.

Williams ID, Walsh WJ, Miyasaka A, Friedlander AM (2006) Effects of rotational closure on coral reef fishes in Waikiki-Diamond Head Fishery Management Area, Oahu, Hawaii. 310:139-149.

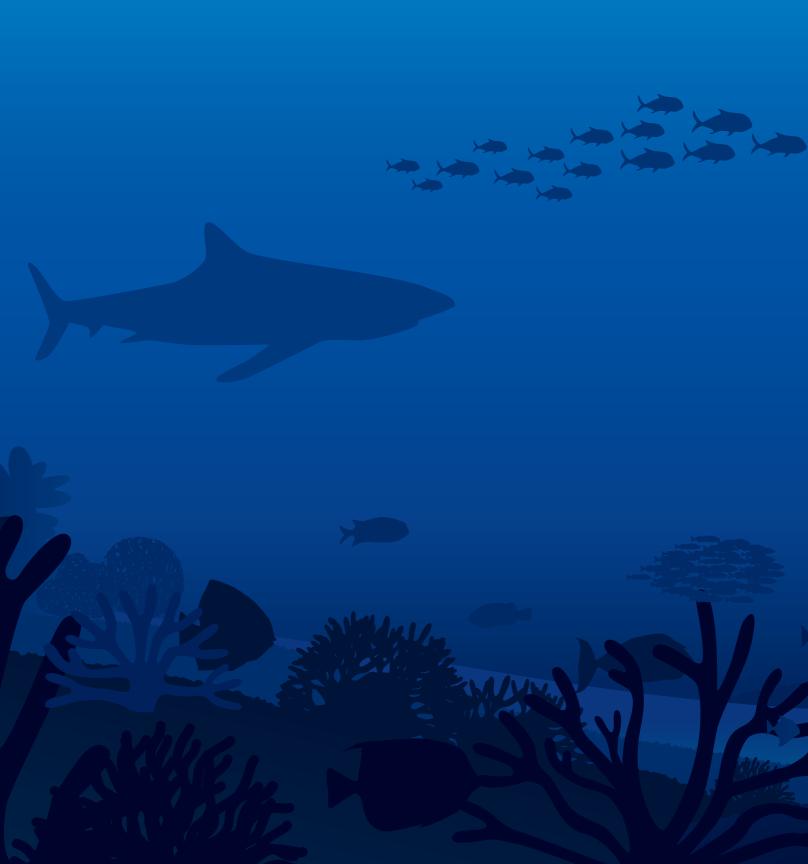
Wilson SG, Taylor JG, Pearce AF (2001) The seasonal aggregation of whale sharks at Ningaloo Reef, Western Australia: Currents, migrations and the El Niño/ Southern Oscillation. Environ Biol Fishes 61:1-11.

Worm B, Lotze HK, Myers RA (2003) Predator diversity hotspots in the blue ocean. Proc Natl Acad Sci 100:9884-9888.

Zanella I, López-Garro A, Golfín-Duarte G, Saenz JC (2012) Abundancia, tamaño y estructura poblacional del tiburón punta blanca de arrecife, Triaenodon obesus (Carcharhiniformes Carcharhinidae), en Bahía Chatham, Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica. Rev Biol Trop 60:339-346.

Zanella I, López A, Arauz R (2009) Caracterización de la pesca del tiburón martillo, Sphyrna lewini, en la parte externa del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev Ciencias Mar y Costeras 1:175–195.

ANEXOS



• Especies focales y grupos funcionales

A continuación, se presenta una lista con las especies focales para este protocolo agrupadas en 4 grupos funcionales según la longitud total común (LT) registrada para la especie en la página de Fish Base (https://www.fishbase.de/search.php):

- **(6) Depredadores tope (>3 m LT):** peces que alcanzan tamaños superiores a los 3 m LT. Usualmente son especies migratorias con amplios rangos de distribución, tienen pocos depredadores, y ocupan niveles tróficos altos, por lo que podrían ejercer una mayor influencia en la estructura y diversidad de las comunidades marinas (Roff et al. 2016). La mayoría de estas especies se encuentran en estado de amenaza según la lista roja de la Unión internacional de la Naturaleza (Anexo 1).
- (7) Depredadores grandes (1 3 m LT): peces que ocupan niveles tróficos altos pero que son potenciales presas de especies más grandes (depredadores tope). Estas especies tienden a estar más asociadas a arrecifes coralinos o zonas costeras pudiendo presentar una alta fidelidad a arrecifes individuales (Espinoza et al. 2014, 2019, Roff et al. 2016).
- **(8) Depredadores pequeños (0.5 0.9 m LT):** peces mesodepredadores de menor tamaño que suelen estar asociados a arrecifes, pero ocupan niveles tróficos más bajos (Espinoza et al. 2019). Se incluyen en este grupo elasmobranquios (tiburones y rayas) bentónicos de tamaño inferior a 0.5 m LT.
- **(9) Pelágicos filtradores:** peces pelágicos de tamaño igual o superior a 0.5 m LT que para alimentarse filtran plancton, krill u otros organismos microscópicos presentes en la columna de agua. Entran dentro de este grupo manta rayas, móbulas y tiburón ballena.

Para cada especie se incluye el código que se utilizará en la base de datos (consta de una primera letra para la especie y 5 letras para el género), nombre en latín (científico), nombre común, familia, hábitat, tamaño, nivel trófico y su estado de conservación según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2019). Esta lista muestra las especies más comunes de zonas costeras o islas oceánicas de Costa Rica, sin embargo se pueden añadir más si fuera necesario (Sección 4).

		D	EPREDADORE	S TOPE	(>3m)			
Código	Especies	Nombre común	Familia	Grupo	Hábitat	Tamaño	Nivel trófico	Estado de conservación
A.super	Alopias superciliosus	Tiburón zorro ojón	Alopiidae	Tiburones	Pelágico oceánico	350	4.47	Vulnerable
A.vulpi	Alopias vulpinus	Tiburón zorro de cola delgada	Alopiidae	Tiburones	Pelágico oceánico	450	4.37	Vulnerable
C.galap	Carcharhinus galapagensis	Tiburón galápagos	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	300	4.34	Preocupación menor
G.cuvie	Galeocerdo cuvier	Tiburón tigre	Carcharhinidae	Tiburones	Bentopelágico	500	4.42	Casi amenazado
G.cirra	Ginglymostoma cirratum	Tiburón gata del Caribe	Ginglymostomatidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	304	4.3	Deficiente en datos
H.grise	Hexanchus griseus	Tiburón de seis branquias	Hexanchidae	Tiburones	Batidemersal	300	4.42	Casi amenazado
l.indic	Istiompax indica	Marlin negro	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	380	4.47	Deficiente en datos
M.mazar	Makaira mazara	Marlin azul del Indopacífico	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	350	4.46	No evaluado
P.glauc	Prionace glauca	Tiburón azul	Carcharhinidae	Tiburones	Pelágico oceánico	335	4.37	Casi amenazado
P.pecti	Pristis pectinata	Pez sierra peine	Pristidae	Rayas	Demersal	550	4.5	En peligro crítico
S.lewin	Sphyrna lewini	Tiburón martillo	Sphyrnidae	Tiburones	Pelágico oceánico	360	4.21	En peligro crítico
S.mokar	Sphyrna mokarran	Tiburón cornuda gigante	Sphyrnidae	Tiburones	Pelágico oceánico	370	4.43	En peligro crítico
X.gladi	Xiphias gladius	Pez espada	Xiphiidae	Teleósteos	Pelágico oceánico	300	4.5	Preocupación menor

		DEP	REDADORES	GRANDE	S (1 – 3 m)			
Código	Especies	Nombre común	Familia	Grupo	Hábitat	Tamaño	Nivel trófico	Estado de conservación
A.solan	Acanthocybium solandri	Wahoo	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	170	4.42	Preocupación menor
A.latic	Aetobatus laticeps	Raya gavilana del Pacífico	Myliobatidae	Rayas	Bentopelágico	NA	3.6	No evaluado
A.narin	Aetobatus narinari	Raya gavilana del Caribe	Myliobatidae	Rayas	Bentopelágico	180	3.32	Casi amenazado
A.ferox	Alepisaurus ferox	Lanzón picudo	Alepisauridae	Teleósteos	Batipelágico	150	4.39	Preocupación menor
A.pelag	Alopias pelagicus	Tiburón zorro	Alopiidae	Tiburones	Pelágico oceánico	276	4.5	En peligro
C.acron	Carcharhinus acronotus	Cazon amarillo	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	NA	4.5	Casi amenazado
C.albim	Carcharhinus albimarginatus	Tiburón puntas blancas	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	200	4.48	Vulnerable
C.altim	Carcharhinus altimus	Tiburón baboso	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	250	4.5	Deficiente en datos
C.falci	Carcharhinus falciformis	Tiburón sedoso o piloto	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	250	4.4	Vulnerable
C.leuca	Carcharhinus leucas	Tiburón toro	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	260	4.34	Casi amenazado
C.limba	Carcharhinus limbatus	Tiburón volador o punta negra	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	150	4.46	Casi amenazado
C.longi	Carcharhinus Iongimanus	Tiburón aleta blanca oceánico	Carcharhinidae	Tiburones	Pelágico oceánico	270	4.39	En peligro crítico
C.melan	Carcharhinus melanopterus	Tiburón puntanegra	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	NA	4.33	Casi amenazado
C.plumb	Carcharhinus plumbeus	Tiburón aleta de cartón	Carcharhinidae	Tiburones	Bentopelágico	200	4.23	Vulnerable

C.chano	Chanos chanos	Sabalote	Chanidae	Teleósteos	Bentopelágico	100	2.4	Preocupación menor
C.hippu	Coryphaena hippurus	Dorado común	Coryphaenidae	Teleósteos	Pelágico nerítico	100	4.5	Preocupación menor
D.brevi	Dasyatis brevis	Raya de espina	Dasyatidae	Rayas	Demersal	120	3.84	No evaluado
E.itaja	Epinephelus itajara	Mero gigante del Caribe	Serranidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	150	4.03	Vulnerable
E.quinq	Epinephelus quinquefasciatus	Mero gigante del Pacífico	Serranidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	150	4.2	Deficiente en datos
F.comme	Fistularia commersonii	Pez corneta	Fistulariidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	100	4.28	Preocupación menor
G.unami	Ginglymostoma unami	Tiburón gata del Pacífio	Ginglymostomatidae	Tiburones	Bentopelágico	NA	4	No evaluado
G.funeb	Gymnothorax funebris	Morena verde del Caribe	Muraenidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	150	4.01	Preocupación menor
H.nakam	Hexanchus nakamurai	Tiburón ojón de seis branquias	Hexanchidae	Tiburones	Batidemersal	120	3.98	Deficiente en datos
H.longu	Hypanus longus	Raya látigo coluda	Dasyatidae	Rayas	Asociado a arrecifes	117	3.5	Deficiente en datos
I.albic	Istiophorus albicans	Pez vela del Atlántico	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	240	4.42	No evaluado
I.platy	Istiophorus platypterus	Pez vela	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	270	4.5	Preocupación menor
I.oxyri	Isurus oxyrinchus	Tiburón mako	Lamnidae	Teleósteos	Pelágico oceánico	270	4.32	En peligro
K.albid	Kajikia albida	Marlin blanco	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	210	4.46	Vulnerable
K.audax	Kajikia audax	Marlin rayado	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	290	4.5	Casi amenazado
L.gutta	Lampris guttatus	Pez mariposa	Lampridae	Teleósteos	Batipelágico	120	4.22	Preocupación menor

L.flavo	Lepidocybium flavobrunneum	Escolar negro	Gempylidae	Teleósteos	Bentopelágico	150	4.34	Preocupación menor
L.imper	Luvarus imperialis	Emperador	Luvaridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	152	3.79	Preocupación menor
M.nigri	Makaira nigricans	Marlin azul	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	290	4.39	Vulnerable
M.lunul	Mustelus lunulatus	Cazón segador	Triakidae	Tiburones	Demersal	170	3.9	Preocupación menor
N.velox	Nasolamia velox	Cazón trompa blanca	Carcharhinidae	Tiburones	Demersal	NA	4.18	Deficiente en datos
N.brevi	Negaprion brevirostris	Tiburón limón	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	240	3.93	Casi amenazado
P.prist	Pristis pristis	Pez sierra común	Pristidae	Rayas	Demersal	250	3.97	En peligro crítico
P.kamoh	Pseudocarcharias kamoharai	Tiburón cocodrilo	Pseudocarchariidae	Teleósteos	Pelágico oceánico	100	4.21	Preocupación menor
R.canad	Rachycentron canadum	Cobia	Rachycentridae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	110	4.26	Preocupación menor
R.longu	Rhizoprionodon Iongurio	Cazon picudo	Carcharhinidae	Tiburones	Bentopelágico	NA	4.2	Deficiente en datos
R.preti	Ruvettus pretiosus	Pez aceite	Gempylidae	Teleósteos	Bentopelágico	150	4.18	Preocupación menor
S.dumer	Seriola dumerili	Medregal coronado	Carangidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	100	4.06	Preocupación menor
S.barra	Sphyraena barracuda	Barracuda gigante	Sphyraenidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	140	4.5	Preocupación menor
S.media	Sphyrna media	Tiburón cornuda cuchara	Sphyrnidae	Tiburones	Demersal	100	4	Deficiente en datos
S.schma	Styracura schmardae	Raya coluda del Caribe	Potamotrygonidae	Rayas	Demersal	100	3.6	Deficiente en datos
T.meyen	Taeniurops meyeni	Raya moteada	Dasyatidae	Rayas	Asociado a arrecifes	75	4.2	Vulnerable

T.angus	Tetrapturus angustirostris	Marlin trompa corta	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	190	4.5	Deficiente en datos
T.pflue	Tetrapturus pfluegeri	Marlin trompa larga del Caribe	Istiophoridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	165	4.5	Preocupación menor
T.albac	Thunnus albacares	Atún aleta amarilla	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	150	4.48	Casi amenazado
T.obesu	Thunnus obesus	Atún ojo grande o patudo	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	180	4.48	Vulnerable
T.orien	Thunnus orientalis	Atún aleta azul	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	200	NA	Vulnerable
T.thynn	Thunnus thynnus	Atún aleta azul del Atlántico	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	200	4.21	En peligro
T.obesu	Triaenodon obesus	Tiburón punta blanca de arrecife	Carcharhinidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	160	4.36	Casi amenazado
T.leptu	Trichiurus lepturus	Pez sable	Trichiuridae	Teleósteos	Bentopelágico	100	4.2	Preocupación menor

		DEPR	EDADORES P	EQUEÑO	S (0.5 – 0.9)			
Código	Especies	Nombre común	Familia	Grupo	Hábitat	Tamaño	Nivel trófico	Estado de conservación
A.hians	Ablennes hians	Agujón sable	Belonidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	70	4.5	Preocupación menor
A.hyper	Amblyraja hyperborea	Raya eléctrica	Rajidae	Rayas	Batidemersal	52	4.02	Preocupación menor
A.chine	Aulostomus chinensis	Pez trompeta	Aulostomidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	60	4.24	Preocupación menor
A.macul	Aulostomus maculatus	Pez trompeta del Caribe	Aulostomidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	60	4.44	Preocupación menor
A.thaza	Auxis thazard	Barrilete negro	Scombridae	Teleósteos	Pelágico nerítico	60	4.36	Preocupación menor
B.spino	Bathyraja spinosissima	Raya blanca	Arhynchobatidae	Rayas	Batidemersal	NA	4.1	Preocupación menor
C.barth	Carangoides bartholomaei	Jurel amarillo del Caribe	Carangidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	50	4.5	Preocupación menor
C.cabal	Caranx caballus	Jurel verde	Carangidae	Teleósteos	Pelágico nerítico	40	4.05	Preocupación menor
C.canin	Caranx caninus	Jurel toro	Carangidae	Teleósteos	Pelágico oceánico	60	3.9	Preocupación menor
C.lugub	Caranx lugubris	Jurel negro	Carangidae	Teleósteos	Bentopelágico	70	4	Preocupación menor
C.melam	Caranx melampygus	Jurel azul	Carangidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	60	4.28	Preocupación menor
C.sexfa	Caranx sexfasciatus	Jurel ojón	Carangidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	60	3.58	Preocupación menor
C.poros	Carcharhinus porosus	Tiburon poroso	Carcharhinidae	Tiburones	Demersal	90	4.36	Deficiente en datos
C.undec	Centropomus undecimalis	Róbalo común	Centropomidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	50	4.08	Preocupación menor

C.equis	Coryphaena equiselis	Dorado enano	Coryphaenidae	Teleósteos	Pelágico oceánico	50	4.5	Preocupación menor
C.albus	Cynoscion albus	Corvina blanca	Sciaenidae	Teleósteos	Bentopelágico	50	4.19	Deficiente en datos
C.vires	Cynoscion virescens	Corvinata	Sciaenidae	Teleósteos	Demersal	65	4.03	Preocupación menor
D.inerm	Dermatolepis inermis	Mero jaspeado	Serranidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	50	4.5	Deficiente en datos
D.ommat	Diplobatis ommata	Raya eléctrica ocelada	Narcinidae	Rayas	Asociado a arrecifes	NA	3.32	Vulnerable
E.affin	Elops affinis	Pez torpedo	Elopidae	Teleósteos	Pelágico nerítico	50	4.05	Deficiente en datos
E.sauru	Elops saurus	Machete	Elopidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	60	4.11	Preocupación menor
E.ocula	Etelis oculatus	Pargo reina del Caribe	Lutjanidae	Teleósteos	Batidemersal	64	4.18	Deficiente en datos
E.linea	Euthynnus lineatus	Atún barrilete negro	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	60	3.83	Preocupación menor
G.morin	Gymnothorax moringa	Morena manchada	Muraenidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	60	4.22	Preocupación menor
G.vicin	Gymnothorax vicinus	Morena boca morada	Muraenidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	70	4.2	Preocupación menor
G.marmo	Gymnura marmorata	Raya mariposa	Muraenidae	Rayas	Demersal	95	3.95	Preocupación menor
H.franc	Heterodontus francisci	Tiburón perro	Heterodontidae	Tiburones	Demersal	97	3.6	Deficiente en datos
H.mexic	Heterodontus mexicanus	Tiburón perro mexicano	Heterodontidae	Tiburones	Demersal	NA	4.15	Deficiente en datos
H.ameri	Hypanus americanus	Raya látigo americana	Dasyatidae	Rayas	Asociado a arrecifes	90	3.5	Deficiente en datos
H.dipte	Hypanus dipterurus	Raya látigo diamante	Dasyatidae	Rayas	Demersal	NA	3.5	Deficiente en datos

H.gutta	Hypanus guttatus	Raya látigo hocicona	Dasyatidae	Rayas	Demersal	NA	2.6	Deficiente en datos
H.nivea	Hyporthodus niveatus	Cherna pintada	Serranidae	Teleósteos	Demersal	60	4.04	Vulnerable
K.pelam	Katsuwonus pelamis	Atún barrilete listado	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	80	4.03	Preocupación menor
L.pacif	Lobotes pacificus	Dormilona del Pacífico Oriental	Lobotidae	Teleósteos	Bentopelágico	50	3.7	Preocupación menor
L.surin	Lobotes surinamensis	Dormilona	Lobotidae	Teleósteos	Bentopelágico	80	4.16	Preocupación menor
L.aratu	Lutjanus aratus	Pargo raicero	Lutjanidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	35	4.09	Preocupación menor
L.novem	Lutjanus novemfasciatus	Pargo cenizo	Lutjanidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	NA	4.1	Preocupación menor
L.peru	Lutjanus peru	Pargo seda	Lutjanidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	50	4.02	Preocupación menor
M.cepha	Mugil cephalus	Lisa rayada	Mugilidae	Teleósteos	Bentopelágico	50	2.48	Preocupación menor
M.dorsa	Mustelus dorsalis	Cazón blanco	Triakidae	Tiburones	Demersal	77	3.55	Deficiente en datos
M.henle	Mustelus henlei	Cazón hilacho	Triakidae	Tiburones	Demersal	95	3.6	Preocupación menor
M.norri	Mustelus norrisi	Cazón viuda	Triakidae	Tiburones	Demersal	80	3.87	Deficiente en datos
M.bonac	Mycteroperca bonaci	Cherna negrillo	Serranidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	70	4.5	Casi amenazado
M.olfax	Mycteroperca olfax	Garropa parda	Serranidae	Teleósteos	Demersal	NA	4.5	Vulnerable
M.rosac	Mycteroperca rosacea	Cabrilla sardinera	Serranidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	NA	4.5	Preocupación menor
M.venen	Mycteroperca venenosa	Guacamayo	Serranidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	50	4.5	Casi amenazado

M.xenar	Mycteroperca xenarcha	Garropa pintada	Serranidae	Teleósteos	Demersal	NA	4.5	Deficiente en datos
N.entem	Narcine entemedor	Raya eléctrica común	Narcinidae	Rayas	Demersal	NA	3.03	Deficiente en datos
N.vermi	Narcine vermiculatus	Raya eléctrica vermiculada	Narcinidae	Rayas	Demersal	NA	3.1	Casi amenazado
N.pecto	Nematistius pectoralis	Pez gallo	Nematistiidae	Teleósteos	Demersal	60	4.5	No evaluado
P.woolm	Paralichthys woolmani	Lenguado huarache	Paralichthyidae	Teleósteos	Demersal	50	4.5	Deficiente en datos
P.glauc	Pseudobatos glaucostigmus	Guitarra moteada	Rhinobatidae	Rayas	Demersal	NA	3.6	Deficiente en datos
P.leuco	Pseudobatos leucorhynchus	Guitarra trompa blanca	Rhinobatidae	Rayas	Demersal	NA	3.6	Casi amenazado
P.plani	Pseudobatos planiceps	Guitarra del pacífico	Rhinobatidae	Rayas	Demersal	77	3.6	Deficiente en datos
P.prahl	Pseudobatos prahli	Guitarra de Gorgona	Rhinobatidae	Rayas	Demersal	NA	3.6	Deficiente en datos
P.produ	Pseudobatos productus	Guitarra trompa de pala	Rhinobatidae	Rayas	Demersal	NA	3.6	Casi amenazado
P.viola	Pteroplatytrygon violacea	Raya-látigo violeta	Dasyatidae	Rayas	Pelágico oceánico	80	4.4	Preocupación menor
R.equat	Raja equatorialis	Raya ecuatorial	Rajidae	Rayas	Demersal	40	3.7	Deficiente en datos
R.velez	Raja velezi	Raya chillona	Rajidae	Rayas	Demersal	60	3.63	Deficiente en datos
R.stein	Rhinoptera steindachneri	Raya nariz de vaca	Myliobatidae	Rayas	Asociado a arrecifes	NA	3.55	Casi amenazado
S.orien	Sarda orientalis	Bonito sierra	Scombridae	Teleósteos	Pelágico nerítico	55	4.21	Preocupación menor
S.brasi	Scomberomorus brasiliensis	Sierra	Scombridae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	65	4.37	Preocupación menor

S.caval	Scomberomorus cavalla	Carito	Scombridae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	70	4.43	Preocupación menor
S.sierr	Scomberomorus sierra	Macarela sierra	Scombridae	Teleósteos	Pelágico nerítico	60	4.21	Preocupación menor
S.lalan	Seriola lalandi	Hojarán amarillo	Carangidae	Teleósteos	Bentopelágico	80	3.85	Preocupación menor
S.rivol	Seriola rivoliana	Hojarán común	Carangidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	90	4.5	Preocupación menor
S.zonat	Seriola zonata	Madregal rayado	Carangidae	Teleósteos	Bentopelágico	50	4.5	Preocupación menor
S.guach	Sphyraena guachancho	Barracuda parda	Sphyraenidae	Teleósteos	Pelágico nerítico	70	4.38	Preocupación menor
S.idias	Sphyraena idiastes	Barracuda común	Sphyraenidae	Teleósteos	Asociado a arrecifes	NA	4.5	Preocupación menor
S.coron	Sphyrna corona	Tiburón cornuda blanca	Sphyrnidae	Tiburones	Demersal	NA	3.9	Casi amenazado
S.tibur	Sphyrna tiburo	Tiburón cornuda cabeza de pala	Sphyrnidae	Tiburones	Asociado a arrecifes	80	3.77	Preocupación menor
S.exili	Strongylura exilis	Aguja brava	Belonidae	Teleósteos	Pelágico nerítico	50	4.5	Preocupación menor
S.pacif	Styracura pacifica	Raya coluda del Pacífico	Potamotrygonidae	Rayas	Demersal	62	3.5	No evaluado
T.treme	Tetronarce tremens	Raya torpedo	Torpedinidae	Rayas	Demersal	NA	4	Deficiente en datos
T.atlan	Thunnus atlanticus	Atún de aletas negras	Scombridae	Teleósteos	Pelágico oceánico	72	3.8	Preocupación menor
T.fodia	Tylosurus fodiator	Aguja brava	Belonidae	Teleósteos	Pelágico oceánico	80	4.5	Preocupación menor
T.pacif	Tylosurus pacificus	Agujón del pacífico	Belonidae	Teleósteos	Pelágico oceánico	70	4.3	Preocupación menor
U.halle	Urolophus halleri	Raya redonda chilena	Urotrygonidae	Rayas	Demersal	NA	3.2	Preocupación menor

U.aspid	Urotrygon aspidura	Raya redonda de cola espinosa	Urotrygonidae	Rayas	Demersal	35	3.8	Deficiente en datos
U.chile	Urotrygon chilensis	Raya chilena	Urotrygonidae	Rayas	Demersal	35	3.63	Deficiente en datos
U.cimar	Urotrygon cimar	Raya redonda renticulada	Urotrygonidae	Rayas	Demersal	NA	3.7	No evaluado
U.nana	Urotrygon nana	Raya redonda enana	Urotrygonidae	Rayas	Demersal	15	3.6	Deficiente en datos
U.roger	Urotrygon rogersi	Raya redonda de Rogers	Urotrygonidae	Rayas	Demersal	37.5	3.87	Deficiente en datos
Z.exasp	Zapteryx exasperata	Guitarra con bandas	Rhinobatidae	Rayas	Asociado a arrecifes	NA	3.55	Deficiente en datos
Z.xyste	Zapteryx xyster	Guitarra bruja	Rhinobatidae	Rayas	Asociado a arrecifes	NA	3.7	Deficiente en datos

			PELÁGICOS FI	LTRADO	RES			
Código	Especies	Nombre común	Familia	Grupo	Hábitat	Tamaño	Nivel trófico	Estado de conservación
M.biros	Mobula birostris	Manta gigante	Mobulidae	Rayas	Asociado a arrecifes	450	3.46	Vulnerable
M.japan	Mobula japanica	Manta de aguijón	Mobulidae	Rayas	Asociado a arrecifes	225	3.41	Casi amenazado
M.munki	Mobula munkiana	Manta enana o diabla	Mobulidae	Rayas	Pelágico oceánico	100	3.82	Vulnerable
M.tarap	Mobula tarapacana	Manta cornuda	Mobulidae	Rayas	Asociado a arrecifes	250	3.79	En peligro
M.thurs	Mobula thurstoni	Diablo chupasangre	Myliobatidae	Rayas	Pelágico oceánico	150	3.1	En peligro
R.typus	Rhincodon typus	Tiburón ballena	Rhincodontidae	Tiburones	Pelágico oceánico	1000	3.76	En peligro

Prueba estadística Wilcoxon-Mann-Whitney

Definición

La prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney, también llamada prueba U de Mann-Whitney, se utiliza como una alternativa a la prueba T-student cuando no se cumplen los supuestos o condiciones para poder utilizarla. Por eso se dice que es la prueba no paramétrica de la T-student.

La prueba T-student es una de las pruebas más utilizadas en estadística para evaluar si existen diferencias significativas entre promedios de dos poblaciones (o sets de datos). Aplicar la prueba estadística T-student para evaluar diferencias entre años nos asegura que las diferencias observadas son mayores que las diferencias que esperaríamos encontrar al comparar datos al azar tomando en cuenta el tamaño de la muestra (número de réplicas) y la dispersión de los datos (desviación estándar). Para esta prueba es indispensable que los datos se distribuyan de forma normal, eso significa, que los datos se distribuyen de forma simétrica en forma de campana (Figura 11). Eso sucede cuando la mayoría de los valores ocurren dentro de un cierto rango y cuando los valores que son más frecuentes están alrededor de la media (valor central). En otras palabras, cuando nos alejamos de la media, la probabilidad de aparición de los valores y su frecuencia descienden.

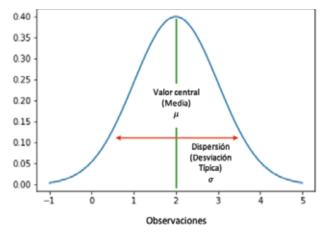


Figura 11. Función de densidad de una distribución normal

Para este protocolo se utilizan cámaras remotas submarinas para poder evaluar distintos indicadores asociados al estado de salud de grandes peces pelágicos y depredadores. Como éste es un grupo de organismos poco frecuente, muy posiblemente hayan un gran número de cámaras en donde aparezcan muy pocos o donde no aparezcan individuos de las especies focales. Eso significa que nuestros datos muy posiblemente no se distribuirán de forma normal sino que seguirán una distribución "Poisson" donde la campana se encuentra inclinada hacia la izquierda (Figura 12).

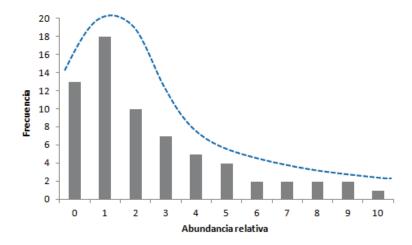


Figura 12. Histograma de frecuencias sobre la variable abundancia relativa

Ante esta situación se dice que no se cumple el supuesto de normalidad de la prueba T-student y por lo tanto se tiene que aplicar la prueba no paramétrica Wilcoxon-Mann-Whitney la cual puede ofrecer un mejor poder estadístico. Para esta prueba se asume que las muestras sean independientes pero no hace falta que sigan una distribución normal.

Cálculos estadísticos

Como en toda prueba estadística, en la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney tenemos una hipótesis nula y una alternativa. Bajo la hipótesis nula, la distribución de partida de ambos grupos es la misma y por lo tanto no hay diferencias significativas entre ambos grupos. Bajo la hipótesis alternativa, los valores de una de las muestras tienden a exceder a los de la otra y por lo tanto hay diferencias significativas entre ambos grupos.

Existen dos versiones de la prueba Wilcoxon-Mann-Whitney, una para muestras pequeñas con menos de 20 réplicas y otra para muestras grandes con más de 20 réplicas. En este protocolo se establece un total de 68 réplicas por año, por lo que vamos a utilizar la versión para muestras grandes.

Para muestras grandes debe de calcularse el valor estadístico Z y compararlo con el valor crítico Z el cual en este caso será siempre 31.96 (prueba de dos colas, α =0.05). Para calcular el valor estadístico Z primero hay que calcular el valor estadístico U el cual se define como el valor mínimo entre U1 y U2:

$$egin{aligned} U_1 &= n_1 n_2 + rac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - R_1 \ U_2 &= n_1 n_2 + rac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - R_2 \end{aligned}$$

Donde:

- n1 y n2 son los tamaños respectivos de cada muestra
- R1 y R2 es la suma de los rangos de las observaciones de las muestras 1 y 2 respectivamente

Con el valor estadístico U ya podemos calcular el valor estadística Z con esta fórmula:

$$z = (U - m_U)/\sigma_U$$

Donde mU y σU son la media y la desviación estándar de U si la hipótesis nula es cierta, y vienen dadas por las siguientes fórmulas:

$$m_U = n_1 n_2/2.$$
 $\sigma_U = \sqrt{rac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}.$

Una vez obtenemos el valor estadístico Z lo comparamos con el valor crítico Z (31.96) para determinar si podemos o no refutar la hipótesis nula. En este caso:

- Si el valor estadístico Z está entre -1.96 y +1.96 se acepta la hipótesis nula (no hay diferencias significativas entre año 1 y año 2)
- Si el valor estadístico Z < -1.96 o > +1.96 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa (hay diferencias significativas entre año 1 y año 2).

Como utilizar la prueba Wilcoxon-Mann-Whitney en este protocolo

La prueba estadística Wilcoxon-Mann-Whitney se calcula en este protocolo para establecer si existen diferencias entre los años que se están comparando para cada uno de los indicadores. Este cálculo se realiza de forma automática mediante unas fórmulas ocultas en el documento Excel asociado a este protocolo. El único valor que el usuario podrá ver es el valor llamado "Prueba Mann-Whitney" el cual representa el valor estadístico Z. En base a este valor se establecerá si hay o no diferencias entre años y si las diferencias representan un incremento o una disminución del elemento focal evaluado.

ANEXO 3

Factores espaciales y temporales que determinan el esfuerzo de monitoreo de peces depredadores y/o pelágicos mediante cámaras remotas submarinas con carnada en ecosistemas marinos tropicles. Se presenta el Parque Nacional Isla del Coco como caso de estudio.

Factores	Descripción	Recomendaciones	Caso de estudio
SITIOS	Número de sitios de monitoreo	La selección de cuáles y cuántos sitios se deben hacer de acuerdo con el objetivo del monitoreo y la cantidad de recursos y tiempo disponibles.	Parque Naional Isla del Coco
TIPOS DE HÁBITAT	Tipos de habitat que necesitan ser monitoreados	Dentro de cada sitio, se debe identificar el número de hábitats que son o podrían ser utilizados por las especies de interés. Aunque las cámaras remotas submarinas con carnada deberían distribuirse preferentemente cubriendo los hábitats disponibles, la zonificación del área de estudio también se puede hacer de acuerdo con las diferentes categorías de manejo u otros impulsores espaciales de interés de investigación y / o manejo.	 (1) Arrecifes coralinos (2) Arrecifes rocosos (3) Pináculos rocosos (4) Bahías (5) Zona pelágica
COBERTURA DEL HÁBITAT	Número de réplicas para una adecuada representación de cada hábitat y rangos de profundidad	El número de réplicas independientes debe seleccionarse de acuerdo con la extensión de cada hábitat y sus rangos de profundidad. Idealmente, las cámaras remotas submarinas con carnada deberían de ubicarse al azar cubriendo la extensión completa de cada hábitat y sus niveles de profundidad.	Arrecifes coralinos = 12 réplicas Arrecifes rocosos = 12 réplicas Pináculos = 12 réplicas Bahías = 12 réplicas Zona pelágica = 12 réplicas Total réplicas = 60 réplicas
ESTACIONES	Frecuencia de monitoreo a lo largo del año para considerar variaciones estacionales u otras variaciones periódicas a lo largo del año	El muestreo durante la misma época del año (por ejemplo, el mismo mes) en diferentes años es la primera premisa que debe cumplirse para hacer comparaciones válidas entre años. Sin embargo, si se dispone de tiempo y recursos suficientes, el muestreo en diferentes épocas del año sería ideal para tener en cuenta la variabilidad estacional. Se debe obtener el mismo número de repeticiones en cada temporada para realizar comparaciones significativas	Estación seca (Dic – Jun) = 60 réplicas Estación lluviosa (Jul – Nov) = 60 réplicas Réplicas anuales = 88 réplicas
PERIODICIDAD	Periodicidad de monitoreo a largo plazo	Cuando sea posible, el monitoreo debe incluir un componente temporal para detectar cambios en la abundancia de especies focales a lo largo del tiempo. Se recomienda un monitoreo anual durante el mayor tiempo posible, especialmente si se desean evaluar tendencias poblacionales	Monitoreo anual cubriendo estación seca y lluviosa durante un periodo de tiempo indefinido en el que se realizan análisis de tendencias poblacionales cada 5 años.

• Equipo mínimo recomendado para el monitoreo con cámaras

EQUIPO BRUVS	CANTIDAD	COMENTARIOS
Estaciones de fondo	2	Se requieren 4 estaciones para el monitoreo. Éstas pueden ser de fondo o semi-pelágicas según el tipo de sitio de monitoreo. Por lo tanto la adquisición de estaciones de fondo es adicional pero no completamente necesario.
Estaciones semi-pelágicas (o pelágicas)	4	Las mismas se pueden utilizar para sitios costeros o pelágicos
Complementos estaciones fondo (tornillos y placas)	2	Para las dos estaciones de fondo
Contrapesos	4	Para las 4 estaciones semi-pelágicas
Boya china agujereada con plomos	4	Sistema de anclaje para las estaciones semipelágicas
Porta carnada de PVC	4	Para cualquier tipo de estación
Tornillos largos porta carnada	4	Para cerrar la tapa de los porta carnada de PVC
Cámaras GoPro Hero 4 Black (u otro tipo de GoPro)	4 o 8	Para tratar de cubrir los 8 sitios de monitoreo al día. Ver Cuadro 14
Bases cámaras	4	Una para cada estación
Sensor de temperatura y luminosidad	4	Opcional. Para medir temperatura y luminosidad
Línea plástica estaciones de fondo y semi-pelágicas	170 m	Calcular cantidad necesaria según la profundidad de los sitios de monitoreo
Mecate sazón	40 m	Para amarrar estaciones pelágicas a la boya de superficie. Cada uno de 10 metros.
Tuna clips	20	Para facilitar atar cuerdas a estructuras y a boyas
Boyas chinas intermedias	4	Una para cada estación semi-pelágica
Boyas señalización de superficie pequeñas	8	Una para cada estación de fondo y semi-pelágica. Se recomienda tener más por si se quiere añadir una segunda boya por estación en caso de corrientes fuertes.
GPS	1	Para marcar la posición de los sitios de monitoreo
Sensor de profundidad manual	1	Para medir profundidad del sitio de monitoreo desde el bote
Disco duro	1	Para guardar los videos
Gasas plásticas finas	50	Para atar los sensores de temperatura y otras necesidades
Gasas plásticas gruesas	50	Útiles para amarrar plomos a estructuras si hace falta
Baterías AAA	2	Para el GPS
Baterías sensor profundidad	1	Para reponer baterías gastadas
Regletas	2	Para poder cargar todas las cámaras a la vez
Cargadores dobles USB	4	Agiliza el proceso de carga de batería
Cables cargar goPro	8	Un cable por cámara
Extensión	1	Para cargar equipo electrónico
Folder plástico para campo	1	Donde se guardan las hojas de monitoreo y los lapiceros
Hojas datos BRUVS	4	Llevar algunas extra
Caja con herramientas	1	Destornilladores, alicates, cortadoras, llaves inglesas
Baldes para carnada	2	Para la carnada picada
Guantes	4 pares	Según la cantidad de personas
Tabla de picar y cuchillo	1	Para cortar la carnada
Aceite DW40	1	Para limpiar herramientas después del monitoreo
Hielera	1	Para la carnada

Pasos a seguir en el campo para el monitoreo con cámaras

I. Alistar el equipo

- Estaciones de fondo:

- i. Marcar las estaciones con un número o letras (se recomienda escribir con permanente sobre una base plástica amarrada a la estación con una gasa plástica)
- ii. Unir las distintas partes de las estaciones de acero inoxidable mediante los tornillos y arandelas. Antes debe de atornillarse la placa donde se encuentra la base para ubicar la cámara
- iii. Atar las cuerdas plásticas a las estaciones con una boya al extremo de ésta. Asegurarse de que el nudo es resistente.

- Estaciones semi-pelágicas:

- i. Marcar las estaciones con un número o letras (se recomienda escribir con permanente sobre una base plástica amarrada a la estación con una gasa plástica)
- ii. Asegurarse de tener el contrapeso y el brazo con carnada. Éstos se pueden montar una vez en la embarcación para que no ocupen tanto espacio
- iii. Asegurarse de tener el sistema de anclaje listo. Idealmente una boya grande de las chinas (duras) con plomos dentro y huecos para que entre y salga el agua. Se puede utilizar cualquier sistema de anclaje que minimice el riesgo de que la estación se quede pegada. La boya debe tener una cuerda para poder unirla a la estación una vez en la embarcación
- iv. Atar una cuerda en la base de la estación donde el otro extremo irá atado a la boya. La estación debe quedar separada 1.5 metros del sustrato o la distancia que se considere apropiada en cada caso
- v. Atar una cuerda en la parte superior de la estación donde el otro extremo irá atado a la boya intermedia, ubicada a 1 metro de la estación
- vi. Alistar la boya intermedia con cuerda en la parte inferior para atarla a la estación y en la parte superior para atarla con la boya de superficie
- vii. Alistar una boya de superficie y una cuerda plástica gruesa, las cuales se atarán a la estación una vez en la embarcación

-Estaciones pelágicas:

- i. Alistar una línea fina pero resistente con una longitud mínima de 600 metros que permita unir 3 estaciones pelágicas separadas por lo menos 300 metros la una de la otra. Marcar la línea cada 300 metros con un pequeño "loop" donde se amarrarán las líneas con las estaciones y la boya de superfície.
- ii. Atar una línea de 10 metros de longitud en la parte superior de la estación pelágica
- iii. Atar una boya intermedia a 1 metro por encima de la estación pelágica.
- iv. Alistar 3 boyas grandes, las cuales se unirán al extremo final de la línea de 10 metros donde viene la estación
- v. Alistar contrapesos y brazos para carnada

- Cámaras

- i. Marcar las cámaras con un número o letras. Se recomienda utilizar un permanente color blanco o plateado y escribir en la misma cámara. Las tarjetas SD de cada cámara deberán de marcarse con el mismo número o letras de la cámara para evitar confusiones a la hora de pasar los datos.
- ii. Asegurarse de que las cámaras funcionen, estén cargadas y con las tarjetas SD vacías.
- iii. Configurar la cámara para que grabe a 60 "frames" por segundo y 1080 pixeles
- iv. Limpiar el empaque de las cámaras y poner grasa silicón para evitar que entre agua
- v. Transportar las cámaras en "pelican cases" o de alguna otra forma segura
- vi. Asegurarse de llevar los tornillos necesarios para atar las cámaras a las bases

- GPS

- i. Asegurarse de que tiene baterías y llevar baterías extras
- ii. Aprender como grabar rutas (opcional). Varía según el modelo de GPS. Eso servirá para atarlo a la bandera de las estaciones pelágicas y calcular la dirección y velocidad de movimiento (puede ser útil para calcular intensidad y dirección de corriente)

II. De camino al sitio de monitoreo (si las condiciones permiten trabajar en la embarcación)

- Ir picando la carnada e introducirla en los contenedores de PVC
- Encender GPS
- Alistar hojas de datos
- Ordenar líneas para que no se enreden

III. En el sitio de monitoreo

- Atar las líneas necesarias según el tipo de estación utilizada.
- Encender la cámara y decir en voz alta frente a la cámara la fecha, el sitio de monitoreo, el número de la cámara y el número de la estación (evita confusiones en un futuro si hay errores en la toma de datos de campo o en procesamiento de los videos)
- -Marcar el sitio con el GPS y tomar el resto de datos necesarios (véase el Anexo 5) mientras se está depositando la estación en el sitio de monitoreo
- -Bajar la cámara lentamente hasta sentir que toca con el sustrato. Asegurarse de que quedó en una buena posición. Se recomienda que una persona asegure la correcta posición de la cámara mediante apnea o buceo a pulmón si las condiciones lo permiten.

Si hay mucha corriente atar una línea extra de unos 5-10 metros al extremo de la línea principal con otra boya al extremo final de ésta. Lo ideal es que las dos boyas (de la línea principal y de la línea extra) estén visibles en la superficie. Si la primera boya se hunde se recomienda añadir otra línea extra con otra boya.

IV. Durante el monitoreo

- Apagar el motor de la embarcación si se permanece cerca del sitio de monitoreo
- Considerar la seguridad de la zona de estudio si se dejan las cámaras desatendidas

V. Una vez transcurrido el tiempo de grabación

- Anotar la hora de salida del agua
- Retirar las estaciones del agua con ayuda de la línea
- Vaciar el tubo con carnada fuera del área de monitoreo para evitar la posibilidad de condicionamiento (que las especies asocien las estaciones con alimento).
- Volver a llenar el tubo con carnada fresca si se va a utilizar de nuevo. Cambiar las cámaras por otras que estén completamente cargadas para el segundo sitio de monitoreo

VI. Después del monitoreo

- Mantener las cámaras en un balde con agua dulce durante unos 30 minutos
- Posteriormente secar las cámaras cuidadosamente con un paño limpio y poner a cargar las cámaras
- Pasar los videos a un disco duro
- Pasar los datos a la computadora (Sección 9)

• Datos de campo y hoja de monitoreo

Durante el monitoreo se anotarán una serie de datos que harán referencia a cada una de las réplicas obtenidas. En la siguiente página se anexa la hoja de campo a rellenar en el monitoreo, cuya información viene definida en tabla a continuación:

DATOS A REGISTRAR	DEFINICIÓN	EJEMPLO
Observador	Persona tomando los datos	Marta Cambra
Localidad	Área de estudio	Isla del Coco
Fecha	Fecha (año-mes-día)	2016-12-06
Carnada	Sí/No. Especie y cantidad.	Sí. Sardina (600 gr)
Sitio	Sitio de monitoreo	Bahía Chatham
ID Estación	Número de identificación estación	S03
Tipo estación	Fondo, Semi-pelágica o Pelágica	Fondo
ID Cámara	Número de identificación cámara	C9
Hora - E	Hora entrada de la estación al agua	14:00
Hora - S	Hora salida de la estación del agua	15:45
Profundidad (metros)	Profundidad del sitio de monitoreo	15
Latitud	Coordenadas (latitud)	5,55177
Longitud	Coordenadas (longitud)	-87,04199
Sensor	Número de identificación del	Н6
	sensor de temperatura	

HOJA DE CAMPO PARA EL MONITOREO CON CÁMARAS REMOTAS CON CARNADA

(Protocolo de monitoreo de especies pelágicas - PRONAMEC)

Observador:		Localidad	d:		Fecha:		Carnada	•	
Citio	ID Fotosión	ID Cómara	Concon	Tipe Feterián	Почо Г	Horo C	Duetundided	l atitud	Longitud
Sitio	ID Estación	ID Cámara	Sensor	Tipo Estación	Hora - E	Hora - S	Profundidad	Latitud	Longitud
Observador:		Localidad	d:		Fecha:		Carnada	•	
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud
Observador: Sitio	ID Estación	Localidad ID Cámara	Sensor	Tipo Estación	Fecha: Hora - E	Hora - S	Carnada Profundidad	Latitud	Longitud
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud
	ID Estación	I		Tipo Estación	<u> </u>	Hora - S	I		Longitud

Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Peces Pelágicos y Depredadores en Costa Rica

