Mejores Prácticas de Pesca en Arrecifes Coralinos



Guía para la colecta de información que apoye el Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas

USAID DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

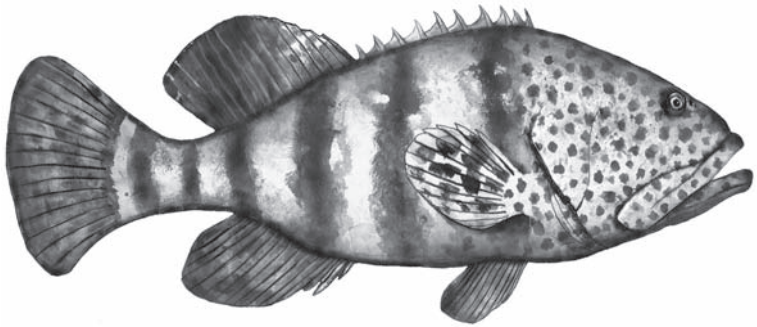
PNUMA

ICRAN International Coral Reef Action Network

Programa Ambiental del Caribe

United Nations Foundation

WWF



Este libro fue preparado por Álvaro Hernández Flores, Oficial Superior de Pesquerías de WWF en el Arrecife Mesoamericano, con la colaboración de:

Fabián Rodríguez Zaragoza (CINVESTAV-Mérida)
José Manuel Castro (Instituto Tecnológico de Chetumal)
Francisco Aguilar Salazar (CONANP-Península de Yucatán)
Alicia Medina (WWF-CA)

Ilustraciones de Roberto Arreola – WWF-México

El presente trabajo ha sido realizado gracias al apoyo de la Red Internacional de Acción para los Arrecifes de Coral (ICRAN), alianza que responde a las necesidades de conservación de los arrecifes coralinos y el bienestar de las comunidades que dependen de ellos, reconociendo la importancia de los aspectos científicos y tradicionales. La iniciativa ICRAN en el Arrecife Mesoamericano es financiada por la Fundación para las Naciones Unidas (UN Foundation) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), con la colaboración de la Unidad de Coordinación del Programa Ambiental del Caribe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP-CAR/RCU, por sus siglas en inglés), del Proyecto para la Conservación y Uso Sostenible del Arrecife Mesoamericano (GEF/SAM).

Agradecemos las valiosas contribuciones a la parte metodológica de este documento, realizadas por Silvia Pasos, Gilberto Acosta y Nestor Membrillo, de Biosfera Eco-Consultores SCP, y Manuel Puerto, de Biosistemas Integrales.

Cómo citar esta publicación:

WWF. 2006. Mejores prácticas de pesca en arrecifes coralinos. Guía para la colecta de información que apoye el Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas. WWF México/Centroamérica. 81 pp.

Mejores Prácticas de Pesca en Arrecifes Coralinos



Guía para la colecta de información que apoye el Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas

USAID DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

PNUMA

ICRAN International Coral Reef Action Network

Programa Ambiental del Caribe

United Nations Foundation

WWF



ÍNDICE

Sección	Página
PRÓLOGO	**5**
INTRODUCCIÓN	**8**
El Manejo Tradicional de las Pesquerías	**8**
El Manejo Pesquero con Enfoque de Ecosistemas (MPEE)	**10**
METODOLOGÍA PARA COLECTA DE INFORMACIÓN	**12**
Información General para Desarrollar el Manejo de Pesquerías con Enfoque de Ecosistemas	**12**
Información Ecológica	**13**
Consulta de Pescadores: Elaboración de Mapas Preliminares de Hábitats Críticos (Trabajo Comunitario y Análisis Multicriterio)	**14**
Monitoreo Ecológico	**16**
Ensamble de Peces	**17**
• Censo Visual	**18**
Complejidad Topográfica	**21**
Heterogeneidad Horizontal	**22**
• Procedimiento en Campo	**22**
• Tratamiento de Video en Laboratorio	**23**
DETERMINACIÓN DE HÁBITATS CRÍTICOS (HC)	**25**
ANEXO 1	**26**
ANEXO 2	**46**
ANEXO 3	**61**
ANEXO 4	**69**
ANEXO 5	**78**
TALLERES DE "MANEJO DE PESQUERÍAS BASADO EN ECOSISTEMAS"	**79**
BIBLIOGRAFíA	**81**

PRÓLOGO

Los arrecifes de coral son ecosistemas que presentan características únicas como su complejidad estructural, una gran cantidad de especies e intrincadas interacciones tróficas (flujo de materia y energía por depredación, fotosíntesis, forrajeo, descomposición, etc.). Por otro lado, los ecosistemas coralinos han contribuido significativamente al sostenimiento y desarrollo de muchos asentamientos humanos costeros, proporcionando alimento y empleo, sobre todo en comunidades rurales e isleñas donde existen pocas alternativas de trabajo. Se estima que los ecosistemas coralinos aportan el 10% de la producción pesquera mundial, el 50% del carbonato de calcio producido a nivel global y arena para la consolidación de innumerables playas. También proporcionan otro importante servicio ambiental, la protección de la línea de costa ante fenómenos naturales como tormentas, huracanes o "tsunamis". Además de mantener los servicios ambientales y humanos mencionados, la importancia de su conservación radica en que albergan la mayor biodiversidad de especies marinas y costeras.



Foto: Claudio Contreras

En la actualidad existen diferentes actividades humanas que amenazan directamente la permanencia de los ecosistemas coralinos, entre ellas el desarrollo costero con fines urbanos o turísticos, el tráfico de embarcaciones, el buceo recreativo y la pesca. Para reducir el impacto de estas actividades en los ecosistemas de coral, los gobiernos e instituciones internacionales han creado Áreas Marinas Protegidas, desarrollado códigos de conducta, diseñado manuales de mejores prácticas de uso de los recursos y establecido ordenamientos del territorio, entre otras medidas, ya que es posible emplear estos ecosistemas sin poner en riesgo su condición y permanencia.



Foto: Claudio Contreras

La extracción excesiva de especies marinas de los ecosistemas coralinos puede alterar de forma significativa el balance ecológico y provocar la pérdida o disminución de poblaciones de especies que son fundamentales para mantener estos sistemas ecológicos; asimismo, favorece la presencia de blanqueamientos coralinos y de otras enfermedades. La recuperación de los arrecifes de coral es lenta o imposible si no se restablecen las condiciones originales.

La sobreexplotación pesquera es una amenaza generalizada en el Arrecife Mesoamericano y, debido a la alta biodiversidad en los ecosistemas coralinos, es difícil predecir las alteraciones resultado de la

extracción de un gran número de especies por parte de los pescadores. La Red Internacional de Acción para los Arrecifes de Coral (ICRAN) desarrolla estrategias para enfrentar este problema. En el caso de las pesquerías multi-específicas, ICRAN propone el Manejo Pesquero con Enfoque de Ecosistemas (MPEE), una estrategia que establece una serie de acuerdos de uso, restricciones, monitoreos y evaluación de los ecosistemas en donde se lleva a cabo la pesca. Esta estrategia está encaminada a revertir la degradación de los ecosistemas, lograr y mantener los beneficios socioeconómicos de la pesca y generar el conocimiento que permita entender los efectos de las actividades humanas en los ecosistemas.



Foto: Claudio Contreras

En los últimos años, el manejo de pesquerías con enfoque de ecosistemas ha sido un tema frecuente en los foros científicos especializados en pesca, por lo que existen numerosas publicaciones de reconocidos expertos internacionales sobre el tema. El presente manual explica de manera sencilla qué es el MPEE, y describe una metodología de campo y de escritorio para generar la información que requiere la aplicación de este tipo de manejo.

Uno de los principales objetivos de este trabajo es promover el MPEE como una herramienta para el uso sostenible y conservación de los recursos pesqueros. Por lo tanto, este manual está dirigido a pescadores, personal técnico y administrativo de Áreas Marinas Protegidas con actividad pesquera, biólogos pesqueros, autoridades en pesquerías, organizaciones de conservación y público en general. La introducción explica por qué el manejo pesquero en ecosistemas con alta biodiversidad está cambiando de un enfoque tradicional a un enfoque de ecosistemas. Asimismo expone de forma sencilla y clara los conceptos básicos, aunque es necesario contar con conocimientos generales de ecología cuantitativa para una mayor comprensión de la metodología para la colecta de información. Esta sección ofrece una metodología práctica para el levantamiento de datos ecológicos en sistemas coralinos donde se realicen actividades de pesca; también propone una metodología simplificada para el análisis de la información, con el fin de generar los “datos duros” necesarios para iniciar el proceso de manejo de pesquerías con enfoque de ecosistemas.

La última sección resume la importancia de contar con información cuantitativa robusta que describa la condición de los hábitats críticos, fundamentales para el diseño de los planes de manejo. El presente manual presenta cuatro anexos con información sobre las especies de peces de importancia comercial en la ecorregión del Arrecife Mesoamericano, las diferentes artes de pesca empleadas por los pescadores, un ejemplo de la aplicación del manejo

ecosistémico en un Área Marina Protegida y los métodos cuantitativos y estadísticos que se sugieren para determinar la condición de los hábitats críticos.

Los métodos que se proponen han surgido del análisis de otros trabajos, como el Monitoreo Sinóptico planteado por el Proyecto para la Conservación y Uso Sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), el Monitoreo Ecológico de Reef Check y análisis estadísticos de otros autores. Estos métodos han sido discutidos con expertos en monitoreo de arrecifes coralinos y especialistas en pesca. Las adecuaciones responden a la necesidad de generar indicadores que den prioridad a las especies de importancia comercial y posteriormente definir la condición de sus hábitats. Por lo tanto, el manual no discute en detalle las regulaciones para establecer los planes de manejo porque éstas deben ser el resultado del análisis minucioso de la información existente para cada sitio de pesca, cuya responsabilidad recae en los usuarios del recurso, la administración de pesquerías y la autoridad de las Áreas Marinas Protegidas. Sin embargo, estamos convencidos de que la identificación y el monitoreo de los hábitats críticos aportan información relevante para el diseño de los planes de manejo pesquero.



Foto: Claudio Contreras



INTRODUCCIÓN

El Manejo Tradicional de las Pesquerías

En el Arrecife Mesoamericano las pesquerías de escama se desarrollan a lo largo de 1,000 Km de costas, con la participación de más de 9,000 pescadores que viven en pequeños poblados, quienes utilizan una o más de las 50 artes de pesca (ver Anexo 2) para capturar una o varias de las aproximadamente 100 especies reportadas de importancia comercial (ver Anexo 1). Algunas de estas especies son altamente migratorias, otras son residentes, y unas más tienen ciclos de vida con fases en ecosistemas interconectados, como manglar, pastos marinos, arrecifes coralinos o mar abierto. Las Familias de peces con un mayor número de especies explotadas son: Haemulidae (12 especies), Serranidae (9 especies), Lutjanidae (9 especies) y Carangidae (5 especies). Las pesquerías multiespecíficas, la complejidad de los ensambles de especies que se forman y el flujo de materia y energía de las tramas tróficas de los sistemas coralinos hacen imposible aplicar el enfoque tradicional para el manejo de las pesquerías en el Arrecife Mesoamericano.

El manejo tradicional de las pesquerías se lleva a cabo mediante la aplicación de una o más regulaciones. Las más comunes son:

- Permisos o licencias de pesca
- Cuotas de captura
- Restricciones en las embarcaciones y artes de pesca
- Tallas mínima de captura de los peces
- Restricción en el número de viajes por día, semana o mes
- Establecimiento de vedas
- Establecimiento de áreas de no pesca

En la mayoría de los casos, las regulaciones tienen por objetivo llevar a las poblaciones explotadas de un estado no deseado (por ejemplo sobreexplotación) a una condición deseada, como incrementar la abundancia de diferentes especies mediante la reducción del esfuerzo pesquero. Para diseñar los esquemas de manejo, por lo general la ciencia pesquera establece puntos de referencia, que indican el nivel actual de la población explotada en relación con el tamaño de la misma población antes de que se iniciara su explotación (población virgen).

Con el fin de lograr lo anterior, los biólogos han desarrollado programas de monitoreo en campo y evaluaciones en computadora, dirigidos al estudio individual de especie por especie. Este enfoque tradicional se basa en información obtenida de manera directa de las poblaciones explotadas mediante el monitoreo de la captura obtenida por cada unidad de esfuerzo de pesca ejercido. Con estos datos, y con información biológica adicional, se estiman parámetros poblacionales como tasas de crecimiento individual, crecimiento poblacional, capacidad de carga del ecosistema,

relación progenitores-progenie, fecundidad, rendimiento por recluta y tasas de mortalidad por pesca, para estimar la biomasa actual y las tasas de explotación óptimas requeridas con miras a obtener el máximo beneficio de la captura sin poner en riesgo a las poblaciones.

En el caso de las pesquerías que se realizan en arrecifes coralinos, conocidas como multi-específicas, el enfoque tradicional ha demostrado ser inoperante porque los costos para monitorear todas y cada una de las especies explotadas serían muy elevados, además de que la información sería poco útil, ya que no puede ser estandarizada porque el esfuerzo pesquero está dirigido a varias especies a la vez.

En tales circunstancias la mejor alternativa es el Manejo Pesquero con Enfoque de Ecosistemas (MPEE), una nueva corriente que cambia el orden de prioridad, enfocándose en el ecosistema en lugar de las especies. El principal objetivo del MPEE es mantener sanos, al menos, los ecosistemas esenciales para las especies arrecifales, así como las comunidades de peces explotables que éstos sostienen.



Foto: Claudio Contreras

Definir estos ecosistemas esenciales ha sido una tarea difícil, porque el hábitat esencial para la mayoría de las especies abarca toda su área de distribución; sin embargo, con la finalidad de desarrollar herramientas prácticas de manejo, en el presente trabajo se recurre al término hábitat crítico (HC), definido como un área importante donde las especies pueden obtener su alimento y refugio para garantizar su desarrollo, maduración y reproducción, y donde se muestren evidencias de la ocurrencia de una elevada abundancia de especies en comparación con sitios cercanos.

Considerando que un criterio importante para la declaración de un gran número de Áreas Marinas Protegidas es que tengan uno o más de estos hábitats críticos, el Arrecife Mesoamericano posee grandes ventajas para introducir de manera efectiva el MPEE, ya que en él se han declarado más de 63 Áreas Protegidas (marinas y terrestres), que representan alrededor de 2,800,000 hectáreas (11 AMP en México, 25 en Belice, tres en Guatemala y nueve en Honduras). Muchas de estas áreas ya cuentan con planes de manejo y en varias de ellas ya se inició el MPEE. Las Áreas Marinas Protegidas plenamente establecidas cuentan con recursos humanos, técnicos y administrativos que pueden facilitar el desarrollo de este enfoque, además de presentar los ecosistemas mejor conservados. En el Arrecife Mesoamericano dichas áreas presentan tamaños muy diferentes: por ejemplo, mientras Cayos Cochinos (Honduras) tiene más de 48,000 hectáreas, Isla Contoy (México) cuenta con sólo 176 hectáreas. En este contexto, las zonas de pesca pueden ser muy variadas, con uno o varios grupos de pescadores, por lo que cada Área Marina Protegida debe contar con un plan de MPEE específico de acuerdo a sus características y a los usuarios que ahí pescan.

El Manejo Pesquero con Enfoque de Ecosistemas (MPEE)

Al igual que el manejo tradicional de pesquerías, el MPEE establece puntos de referencia, pero en lugar de enfocarse en la población considera:

- Toda la comunidad de peces (comerciales y no comerciales) como una unidad
- La influencia que el estado del ecosistema ejerce sobre la comunidad de peces

El enfoque de ecosistemas para el manejo de pesquerías no permite determinar cuándo una o más poblaciones de la comunidad están sobreexplotadas, pero sí permite estimar la salud de la comunidad como un todo para establecer esquemas de manejo. También ayuda a definir la abundancia, riqueza específica y otros parámetros de las comunidades, así como la cobertura, complejidad y la salud de los corales, los cuales pueden ser tomados como puntos de referencia y evaluados mediante un programa de monitoreo ecológico. Como ya se mencionó, el objetivo principal de este enfoque es mantener un ecosistema sano y comunidades en niveles poblacionales altos.

Dado que la meta del manejo ecosistémico es conservar una fracción del área de distribución (hábitats críticos) de las especies, por lo general las regulaciones que se sugieren son la protección de esas áreas y el establecimiento de vedas, que en caso de ser monitoreadas junto con los pescadores y autoridades, y discutidas con ellos, pueden derivar en un co-manejo efectivo de las pesquerías. Aún así, es importante reconocer que se pueden aplicar otras regulaciones, como restricciones en las artes de pesca en determinadas zonas y tallas mínimas, entre otras. En el Arrecife Mesoamericano, el hábitat crítico se extiende no sólo a los arrecifes coralinos, sino a otros ecosistemas importantes para la crianza, alimentación y reproducción de especies. De acuerdo con varios estudios, los bosques de manglar son importantes sitios de crianza para los peces de arrecife, ya que en los rizóforos (las raíces de los mangles) los ejemplares pequeños se protegen de sus predadores. Los pastos marinos también son hábitats críticos pues albergan agregaciones de peces para su reproducción.

El hábitat crítico de las especies de peces de importancia comercial se determina mediante un estudio comparativo del mayor número posible de sitios (estaciones) de pesca dentro de una amplia zona pesquera. Aquellos sitios que comparativamente demuestren tener la mayor importancia para que las especies se desarrollen, reproduzcan y completen su ciclo de vida serán etiquetados como los hábitats críticos y merecerán especial atención al diseñar el plan de manejo pesquero. Dependiendo de los resultados de este análisis ecológico comparativo, se establecerán las regulaciones del plan de manejo pesquero con enfoque ecosistémico para cada zona de pesca. El objetivo de la primera etapa es determinar los sitios más importantes para las especies y después evaluar su condición para protegerlos de la pesca y otras actividades que pudieran alterar el hábitat o el ensamble de peces. Consecuentemente, estos sitios pueden variar en tamaño y características de una zona de pesca a otra.

Los principales ecosistemas a considerar para definir los habitats críticos son arrecifes coralinos, bosques de manglar y pastos marinos. Este manual da prioridad a los arrecifes de coral por considerarlos los ecosistemas más vulnerables ante la pesca. Por otra parte, se reconoce que los manglares son sitios de crianza para muchas especies marinas y costeras, por lo que a priori son considerados hábitats críticos para las especies marinas de importancia comercial.

En México los bosques de manglar están protegidos en su totalidad por las leyes federales, toda vez que las mayores amenazas, cuyos efectos son irreversibles, provienen de actividades diferentes a la pesca, como la construcción de infraestructura costera, la extracción para uso de la madera, contaminación, alteración de los patrones hidrológicos, tala y destrucción directa.

Los pastos marinos también deben de ser considerados hábitats críticos, porque funcionan como sitios de tránsito de estadios juveniles de peces en su migración hacia ecosistemas coralinos. En cuanto a la pesca en pastos marinos, la mayor amenaza es el uso de redes de arrastre, ya que los destruyen de forma directa. No obstante, es posible que los pescadores usen otro tipo de artes de pesca, redes fijas o anzuelos, cuyo objetivo son especies con estadios adultos en rutas migratorias bien identificadas, como algunas sierras, jureles, mojarras, meros, barracudas, etc. En este trabajo no se presenta una metodología para el estudio y determinación de hábitats críticos en bosques de manglar ni en pastos marinos o lagunas costeras, pero se reconoce su importancia para ser considerados al diseñar los planes de manejo pesquero con enfoque ecosistémico.

Dado que los pescadores llevan a cabo la pesca en zonas que conocen a la perfección, será fundamental considerar su participación durante todo el proceso de identificación de los hábitats críticos. Los pescadores con mayor experiencia tienen un gran conocimiento empírico basado en observaciones realizadas por varias generaciones durante décadas de trabajo en el mar y son quienes con frecuencia guardan registros de dónde y cuándo los peces se encuentran en su estado juvenil o reproductivo, o están disponibles para su captura. En la actualidad, a través de la utilización de instrumentos electrónicos como los geoposicionadores satelitales (GPS), muchos pescadores pueden establecer las relaciones que existen entre sus capturas y los diferentes hábitats. Aunque el objetivo principal de la pesca es proveer ingresos más que probar hipótesis, muchos pescadores están dispuestos a aportar su conocimiento para que los investigadores puedan desarrollar mejores estudios de las poblaciones explotadas y sus ecosistemas. Además, es bien sabido que la participación de los pescadores en las actividades de monitoreo mejora la credibilidad de los resultados e incrementa el cumplimiento de las regulaciones de manejo que surgen de esta información.



Foto: Claudio Contreras



METODOLOGÍA PARA COLECTA DE INFORMACIÓN

Información General para Desarrollar el Manejo de Pesquerías con Enfoque de Ecosistemas

En muchas ocasiones la complejidad y variabilidad que presentan los ecosistemas coralinos impiden discriminar los efectos que produce la pesca de los que causan otro tipo de actividades o la misma naturaleza. La eliminación de algunas especies también puede alterar el ensamble original de peces, promoviendo la proliferación de especies competidoras o de sus presas, cambio que afecta la salud del arrecife coralino.

Para desarrollar un plan de manejo de la pesquería basado en ecosistemas es necesario contar con información básica. En este manual se presenta de manera sistemática el proceso mediante el cual esta información puede ser colectada. Los planes de manejo pesquero deben considerar como mínimo la siguiente información:

1. Mapas con todos los sitios de pesca
2. Registro del número de pescadores y grupos que capturan en la zona
3. Número y tipo de embarcaciones
4. Listado de especies de importancia comercial
5. Listado de artes y técnicas de pesca empleadas en la zona
6. Especies capturadas por cada técnica de pesca
7. Nivel trófico de cada especie
8. Listado de todas las especies de peces e invertebrados
9. Biomasa de peces por especie y por grupos de especie para cada sitio
10. Curvas de Dominancia K por sitio
11. Espectro del tamaño (estructura poblacional) de peces por sitio
12. Distribución de la biomasa con respecto al nivel trófico por sitio
13. Complejidad topográfica
14. Heterogeneidad horizontal
15. Cobertura de coral

Las fuentes de información pesquera son diversas. En algunos países hay oficinas regionales de pesca que cuentan con el padrón de pescadores o el inventario de sus artes de pesca. En aquellos sitios donde no se tenga esta información, será necesario recabarla en el campo. Los Anexos 1 y 2 de este manual muestran información pesquera que puede ser necesaria al desarrollar el plan de manejo pesquero. El Anexo 1 menciona todas las especies de

importancia comercial registradas para la ecorregion del Arrecife Mesoamericano, mientras que el Anexo 2 muestra algunos ejemplos de las artes de pesca que se emplean y las especies que éstas capturan. Estos Anexos pueden ser tomados como ejemplos o referencias para compilar la información que requieren los planes de manejo en cada área protegida.

Información Ecológica

La información ecológica se debe obtener directamente en el campo mediante un programa de monitoreo y muestreo bien diseñado, que puede ser mejorado con el tiempo. Con el fin de generar la información ecológica necesaria para elaborar el plan de manejo pesquero, los investigadores han desarrollado indicadores basados en la estrecha interacción que se presenta entre el ensamble de peces y la condición del hábitat. La presencia de comunidades de peces con gran biodiversidad en los ecosistemas coralinos proporciona a los corales la capacidad de mantener sus funciones vitales en condiciones saludables para su crecimiento, reproducción y desarrollo, mientras que la presencia de numerosas estructuras coralinas proporciona a los peces sitios donde protegerse, buscar alimento, reproducirse y llevar a cabo otras funciones vitales. Los indicadores que describen la condición de la interacción entre el ensamble de peces y la condición del hábitat se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Los que se basan en la composición de especies
- Los que se basan en la transferencia de energía

Se sugiere el uso de ambos tipos de indicadores para comparar y complementar los resultados, y llegar a conclusiones que apoyen el manejo de la pesquería basado en ecosistemas (Tabla 1).

Tabla 1. Características ecológicas, tipo de indicadores ecológicos y lista de los descriptores o variables de las comunidades de peces y arrecifes coralinos que se deben estimar para tener la información ecológica mínima que apoye el manejo de pesquerías basado en ecosistemas.

Características Ecológicas	Tipo de Indicador	Descriptor o Variable
Ensamble de peces	Basados en la composición de especies	a. Riqueza específica (S) b. Diversidad ecológica (H') c. Distinción taxonómica promedio (Δ+) d. Densidad total (individuos/m2) e. Biomasa total (gramos/m2) f. Biomasa potencialmente explotable (Bpe, gramos/m2)

Ensamble de peces	Basados en la transferencia de energía	g. Curvas de Dominancia *K* h. Espectro del tamaño i. Distribución de la biomasa con respecto a su nivel trófico
Condición del hábitat	Complejidad topográfica	j. Complejidad vertical
	Heterogeneidad horizontal	k. Coberturas morfológicas de corales (submasivos, semiesféricos, cerebriformes, ramosos, hongo, copa-flor, incrustante-folioso)
		l. Otros grupos (corales blandos, corales de fuego, algas y esponjas)
		m. Coberturas del tipo de sustrato o fondo (arena, piso calcáreo, escombro y coral muerto)

A continuación se describen en detalle los pasos que se deberán seguir para recabar la información que defina la condición de los hábitats críticos, considerando los dos componentes básicos: el ensamble de peces y la condición de los arrecifes coralinos.

Consulta de Pescadores: Elaboración de Mapas Preliminares de Hábitats Críticos (Trabajo Comunitario y Análisis Multicriterio)

Antes de llevar cabo los muestreos de campo para la identificación de los hábitats críticos (HC), es muy importante tomar en cuenta el conocimiento de los pescadores de la localidad, sobre todo el de aquéllos que tienen mayor experiencia en el conocimiento de las especies, su abundancia y distribución. Después de seleccionar a los pescadores con mayor experiencia, se les mostrarán en una reunión uno o varios mapas de las zonas de pesca (dependiendo de la escala) y se les preguntará que señalen o mencionen todos los sitios de importancia para la pesca y las especies que en ellos coexisten. Por ejemplo, podrán señalar los sitios donde se encuentran potencialmente peces en estadios juveniles, zonas y fechas de agregaciones reproductivas, zonas de capturas altas, sitios que han cambiado con el paso del tiempo, tipos de fondos y zonas de manglar, pastos marinos y corales.

Después de lograr un consenso sobre todos los sitios más importantes para los pescadores, se procede a realizar un taller en el que los participantes evalúan con diferentes criterios los sitios propuestos, en una escala jerárquica del 1 a 3, donde 1 es menos importante y 3 es más importante. Los criterios que se evalúan son biológicos, ecológicos, pesqueros, sociales, otros usos y amenazas al ambiente o conflictos sociales.

A continuación se presentan los resultados de un taller realizado con pescadores de la comunidad de Holbox, México, en marzo de 2006. La información que los pescadores proporcionaron sobre su percepción de los diferentes sitios en donde pescan fue analizada para cuantificar y ordenar esos sitios y ubicarlos en mapas preparados con anterioridad. En total, los pescadores enlistaron 14 sitios, calificados con base en una escala jerárquica con diferentes atributos. La calificación consistió en comparar todos los sitios entre sí y decidir en lo colectivo la relevancia de cada atributo. Debido a que las percepciones de los pescadores son diferentes, durante el taller el moderador permitió la participación y discusión abierta entre ellos para calificar cada sitio mediante consenso. La escala jerárquica (nominal) que se usó fue: (i) ausente o no importante (calificación "0"); (ii) medianamente presente o importante (calificación "1"); y (iii) presente, frecuente o importante (calificación "2").

Para cada sitio, los atributos que calificaron fueron:

- **Criterios operativos para realizar la captura.-** a) profundidad; b) visibilidad; c) velocidad de corriente; y d) distancia de la costa
- **Criterios de uso.-** a) pesca de langosta; b) pesca de escama; c) pesca de pulpo; d) pesca de tiburón; e) pesca deportiva; f) snorkel y buceo recreativo; y g) observación de tiburón ballena
- **Criterios biológicos.-** a) diversidad de peces; b) cantidad de coral; c) presencia de erizos; d) presencia de peces loras; e) presencia de tortuga; f) presencia de tiburón; g) presencia de meros; h) presencia de pargos; i) presencia de barracudas; j) presencia de algas; y k) presencia de tiburón ballena
- **Criterios de amenazas.-** a) vulnerabilidad a huracanes; b) pesca furtiva; c) flota foránea d) pesca ilegal; e) anclaje; f) redes de fondo; y g) contaminación

Después de que se obtuvieron los primeros resultados de la calificación de los atributos para cada sitio, se planteó una nueva discusión para ponderar, es decir, dar diferente peso a los atributos dependiendo de la percepción de los pescadores. A pesar de que la escala incluyó de nuevo tres categorías: (i) muy importante (calificación "2"); (ii) medianamente importante (calificación "1"); y (iii) no importante (calificación "0"), los pescadores no dieron calificación "0" a ninguno de los atributos. Después de calcular la calificación final para cada sitio (calculada como la sumatoria de la multiplicación de cada atributo por su ponderación), se comparó la puntuación final entre todos los sitios y se procedió a decidir cuáles serían los sitios de muestreo. La localización exacta de los sitios se logró gracias a que los pescadores cuentan con GPS y tienen un registro detallado de los sitios donde realizan sus capturas. En el Anexo 3 se muestran los resultados de este taller.

El número de sitios a muestrear puede estar determinado por su relevancia. Por ejemplo, si el sitio "Bajo Corsario" es muy similar a "Punta Caracol" y ambos se localizan muy próximos, se puede optar por muestrear únicamente el sitio cuyo puntaje sea mayor o el que los pescadores consideren más relevante. No obstante, una restricción importante que determinará el número de sitios a muestrear son los recursos financieros con los que se cuenta para realizar el muestreo, así como los recursos humanos, materiales y equipos. En el taller de Holbox se determinó a priori que sólo se podrían muestrear cinco sitios, y como se puede observar en el Anexo 3, éstos fueron: (i) Piedra Corrida; (ii) Bajo Corsario; (iii) Boca Nueva; (iv) Punta Mosquito; y (v) Cuevones.

Llevar a cabo este tipo de talleres con el conocimiento de los pescadores es muy importante para seleccionar los HC potenciales y determinar a priori una estrategia dirigida a llevar a cabo el monitoreo en campo. Además permite ganarse la confianza del pescador en cuanto al plan de manejo basado en el ecosistema que se pretende implementar y le da legitimidad ante las comunidades pesqueras, ya que sus conocimientos son tomados en cuenta para recabar la información base. Una vez identificados los HC potenciales, se procederá a realizar una prospección y evaluación *in situ* para confirmar los resultados del análisis y diseñar el plan de monitoreo.

Otro elemento importante que puede incrementar la aceptación de los resultados para el MPEE es la inclusión de otros usuarios de los recursos y representantes o autoridades de las Áreas Marinas Protegidas en los trabajos de monitoreo. La mayoría de los pescadores cuenta con habilidades de buceo autónomo o buceo con compresor y con una capacitación o certificación de buceo autónomo (SCUBA) puede participar en el monitoreo para recabar información. Como muestra, después del taller realizado en Holbox, 16 pescadores recibieron capacitación para obtener la certificación de buceo autónomo. Luego se les capacitó para identificar especies de peces basados en los nombres comunes locales, identificar formas de coral, invertebrados y tipos de fondo, y manejar la cámara de video submarina para obtener filmaciones del bentos. En todo momento se contó con un investigador que supervisó el trabajo de los pescadores y se les aplicaron exámenes para identificar habilidades personales y conformar los equipos de trabajo, además de garantizar la calidad técnica de la información recabada. Como se comentó con anterioridad, existen numerosas ventajas de trabajar con los pescadores: conocen el sitio al detalle, saben dónde es más peligroso muestrear, tienen una buena idea de las especies que hay y reducen los costos de monitoreo, ya que pueden recibir una retribución comparativamente menor a la que se daría a un equipo de buzos especializados en monitoreo ecológico, los costos de viáticos son mínimos y el esfuerzo de muestreo es más eficiente, pues en ocasiones las condiciones climáticas no permiten realizar el trabajo de acuerdo al plan elaborado. En el Anexo 3 se describe el tipo de capacitación que se impartió a los pescadores para participar en el monitoreo ecológico de Holbox.

Monitoreo Ecológico

Para obtener la mejor información ecológica es necesario realizar muestreos en los hábitats críticos (HC) previamente identificados en la consulta a pescadores. La unidad de muestreo es el transecto de 50 m de longitud. El esfuerzo de muestreo puede variar de un área protegida a otra, dependiendo de los HC que se identifiquen. Para cada HC potencial es necesario definir el número de sitios de muestreo (de 3 a 6) considerando los siguientes criterios:

- Arrecifes someros (de 1 a 5 m de profundidad)
- Arrecifes Profundos (de 8 a 15 m de profundidad)

En lugares donde se presenten arrecifes someros y profundos se deben evaluar seis sitios, tres en cada profundidad. En lugares con arrecifes solamente someros o profundos el monitoreo se limita a tres sitios. En cada sitio se debe tomar la posición geográfica con GPS. De igual manera, en un área circundante de 100 m se deben realizar cinco transectos réplica (50 m de largo) paralelos a la costa, siguiendo la misma profundidad y con una separación mínima de por lo menos 10 m. A continuación se describe la forma de registrar la información en cada transecto utilizando buceo SCUBA.

Se sugiere trabajar con dos equipos de seis personas en cada sitio, cada equipo en una embarcación. Antes de entrar al agua, el líder de cada equipo tomará los siguientes datos:

- Coordenadas geográficas con un geoposicionador satelital (GPS)
- Descripción general del sitio donde se va a muestrear
- Nombres de los participantes en el equipo y sus respectivas tareas

Las actividades a realizar por equipo para cada transecto son:

1. El primer buzo censará peces adultos, tanto las especies como su abundancia y tallas en un transecto de banda de 50 m de largo y 2 m de ancho
2. El segundo buzo tenderá el transecto de 50 m, avisará al primer buzo de la distancia del mismo, y posteriormente registrará la complejidad topográfica
3. El tercer buzo filmará el videotransecto
4. El cuarto buzo será el acompañante del camarógrafo y contará las colonias de coral que se encuentren debajo del transecto
5. El quinto buzo realizará un transecto de 20 m de longitud donde registrará grupos bentónicos por el método de punto de intercepción
6. El sexto buzo registrará invertebrados clave en un transecto de banda de 20 m de largo y 5 m de ancho

Ensamble de Peces

El ensamble de peces de un ecosistema se define por diferentes descriptores ecológicos de la comunidad de peces: el número de individuos por especie, el tamaño de esos individuos, la abundancia y biomasa por especie o grupo de especies (resultado de multiplicar el número de individuos por el peso de cada uno de ellos), relaciones predador-presa y tramas tróficas (biomasa por niveles tróficos), entre otros. Estos ensambles pueden ser utilizados como indicadores de los cambios que sufre el ecosistema, provocados por diversas causas, desde la variabilidad natural

hasta impactos debidos a fenómenos naturales o actividades humanas. El estudio del ensamble de peces en los diferentes sitios de una misma zona de pesca también es útil para definir estrategias de manejo de toda esta zona. Existen diferentes métodos para estimar los valores de los diferentes descriptores del ensamble de peces en sistemas de arrecifes coralinos, entre ellos, muestreos de la captura de los pescadores y colecta de individuos en muestreos dirigidos mediante artes de pesca con selectividad controlada y censos visuales. Por presentar diversas ventajas, se recomienda emplear el censo visual.

Censo Visual

El censo visual es la identificación y el conteo de peces observados dentro de un área definida. Puede ser utilizado para estimar la variedad, el número y las tallas de los peces. La información obtenida sirve para reflejar la estructura de las comunidades de peces dentro del área monitoreada. Algunas ventajas del censo visual son: es el método de muestreo cuantitativo más comúnmente utilizado, es ágil, no destructivo y económico, requiere de poco personal y un mínimo de equipo, puede ser utilizado para muestrear una misma área a través del tiempo, y tiene el potencial para generar grandes bases de datos rápidamente, hacer estimaciones de las poblaciones y elaborar propuestas de manejo. Sus desventajas son que requiere de observadores entrenados y con experiencia, que los peces pueden ser atraídos hacia los buzos o sentirse amenazados y alejarse, el observador puede tener errores y sesgos al momento de estimar números y tallas, existe un poder estadístico bajo para detectar cambios en especies raras y las técnicas están restringidas a zonas poco profundas debido a los riesgos de descompresión de los buzos.

El censo visual de peces requiere equipo de buceo (regulador, tanque, plomos, chaleco, aletas y visor; tablas de acrílico, lápices y cintas métricas).

Procedimiento en campo

Antes de comenzar el censo, es importante registrar los siguientes datos:

1. Fecha del muestreo
2. Hora de comienzo del transecto
3. Coordenadas geográficas
4. Nombre del hábitat
5. Clave del sitio
6. Número de transecto
7. Profundidad
8. Nombre del censador

El censo de peces adultos se realiza utilizando la técnica de transecto de banda. El buzo registra las especies que observe dentro de una distancia de 1 m a cada lado del transecto, 3 m al frente y 5 m sobre la columna de agua, hasta recorrer los 50 m del transecto (Fig. 1). Al mismo tiempo se registran las especies, el número de individuos y se estiman las tallas de las especies observadas. Las tallas de los individuos serán agrupadas en siete categorías o intervalos de clase:

Categoría	Longitud total
1	0 -10 cm
2	11-20 cm
3	21-30 cm
4	31-40 cm

Categoría	Longitud total
5	41 -50 cm
6	51 -60 cm
7	más de 60 cm

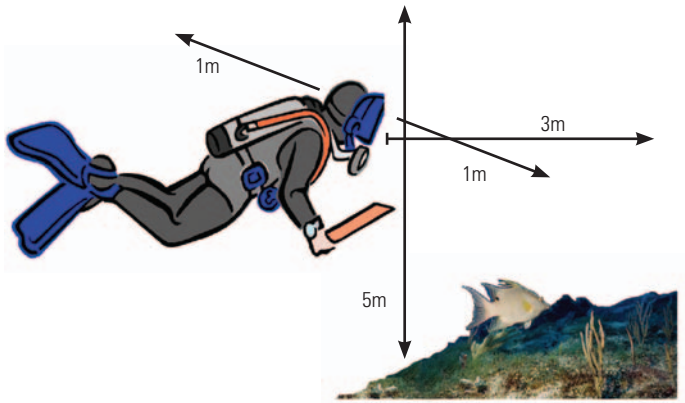


Fig.1. Buzo en censo de peces. Gráfica: Álvaro Hernández

Los datos de los censos visuales se registran sobre una tabla de acrílico. Los nombres científicos de las especies más comunes se escriben antes de cada muestreo. En caso de que participen pescadores, se podrá anotar el nombre común después de haberlo validado con los especialistas a través de fotografías y trabajo de campo, o se podrán abreviar las tres primeras letras del género y las cuatro primeras letras de la especie, si la información es obtenida por técnicos especialistas.

Se sugiere que en todos los muestreos el observador sea el mismo para reducir los errores de registro y conteo, de tal modo que puedan ser comparables. Se recomienda también que el observador tenga experiencia con la fauna local, además de haber tenido un entrenamiento básico para la estimación de las longitudes de los peces, que consiste en prácticas con inmersiones para acostumbrarse al cálculo del tamaño real de los peces, que debido al efecto del agua se observan más grandes de lo normal. Cabe aclarar que, en la práctica, los objetos tienen longitudes conocidas, por ejemplo se pueden colocar 70 tramos de tubo de PVC de 1" de diámetro cuyas longitudes oscilen entre 5 cm y 70 cm al azar a lo largo de una línea, (ver imagen). Todos los censos se deben realizar en periodos diurnos (de 9 a.m. a 5 p.m.) para evitar sesgos o diferencias provocadas por la actividad cíclica de los peces. Para la identificación de las especies se propone seguir los criterios de Humman y DeLoach (2003c). Además se recomienda consultar la página de internet de Fishbase (http://www.fishbase.org) para revisar el estatus taxonómico actual de las especies.



Fig. 2. Práctica de cálculo de tamaño de peces. Foto: Álvaro Hernández

Los censos de peces proporcionarán información relevante para estimar los descriptores más importantes de las comunidades de peces:

- Abundancia
- Biomasa
- Estructura trófica
- Relación densidad-biomasa
- Riqueza específica
- Diversidad

Para estimar estos descriptores, la información de los censos puede ser cargada en la hoja de cálculo "Formato de peces" (ver CD anexo) y es procesada en programas estadísticos especializados, descritos con detalle en el Anexo 4, que podrán ser aplicados por especialistas en ecología de comunidades. Todos estos descriptores, junto con las características ecológicas de los arrecifes coralinos, serán analizados con el fin de identificar los hábitats críticos que serán puestos a consideración de los principales actores en las áreas protegidas para diseñar estrategias de manejo de esos sitios.

Tratamiento de datos

Curvas de Dominancia K

Las curvas de abundancia y biomasa (CAB), también conocidas como curvas de Dominancia *K*, comparan la abundancia y la biomasa de las especies que componen las comunidades de peces para determinar el nivel de disturbio. Estas curvas se basan en el hecho de que las especies se dividen en dos grandes grupos:

1. Especies que tienen gran tamaño, longevas, con tasas de fecundidad menores (especies de estrategia *K*), también conocidas como especies conservativas
2. Especies con ciclo de vida corto y de tallas pequeñas (especies de estrategia *r*)

En ecosistemas coralinos estables o de bajo disturbio, las especies más competitivas por lo general son especies conservativas con tallas grandes y longevas, dominantes en biomasa, pero casi nunca en número, mientras que las especies oportunistas de tamaño pequeño usualmente son dominantes en número de individuos y no presentan una proporción importante de biomasa.

Cuando la pesca perturba a la comunidad, las especies conservativas son más afectadas, y las especies oportunistas empiezan a dominar en biomasa y abundancia numérica. Bajo situación de estrés, la distribución del número de individuos entre las especies se comporta diferente a la distribución de la biomasa entre especies. El método CAB involucra el graficado de curvas de Dominancia *K* para la abundancia y la biomasa de las especies en una misma

gráfica, y hace una comparación de las formas de estas curvas. Las especies son asignadas en rangos por orden de importancia en términos de abundancia y biomasa sobre el eje X (escala logarítmica) con el porcentaje de dominancia en el eje Y (escala acumulativa).

Espectro del tamaño

Debido a que los pescadores dan más importancia a los peces de ciertos tamaños, la pesca suele eliminar esas tallas de peces de la comunidad. Por lo anterior, se esperaría que sitios con severa actividad pesquera presenten cambios drásticos en el tamaño y la estructura de edad de las poblaciones. En los sitios de muestreo, los datos de las longitudes de todas las especies se ubicarán en intervalos de clases sin importar la taxonomía o grupo trófico. La pendiente del espectro del tamaño se calculará con base en una regresión lineal simple de la frecuencia por tamaño de clase en log10(x+1) con el punto medio de cada intervalo de clase en log10. El criterio de la interpretación será el siguiente: aquellos sitios cuyas pendientes sean menos inclinadas presentarán menor intensidad de pesca al comparar la pendiente de los sitios cuyas pendientes sean altas, que serán las áreas más explotadas.

Nivel trófico

En muchos ecosistemas arrecifales donde se practica la pesca, las especies objetivo son las que de manera habitual ocupan los niveles más altos en la trama trófica. Cuando estos niveles tróficos se reducen significativamente y escasean, los pescadores empiezan a capturar especies de los siguientes niveles tróficos, cuyo valor económico suele ser más bajo. Por lo tanto, la pesca puede reducir de manera importante la trama trófica. Esto tiene como consecuencia que exista un desequilibrio ecológico en las redes tróficas que pudiera ocasionar, en el corto plazo, un colapso de las especies capturadas. Se recomienda que en cada sitio de muestreo se obtenga la relación entre el nivel trófico de todas las especies y su biomasa. Los sitios que presenten comunidades de peces con niveles tróficos bajos pudieran ser los más explotados (para determinar los niveles tróficos se puede consultar FishBase, www.fishbase.org).

Complejidad Topográfica

Se registra la complejidad topográfica de cada sitio de muestreo a partir de los transectos de 50 m, ya descritos. A lo largo del transecto se coloca una cinta plástica de 10 m de largo siguiendo el contorno del fondo, para luego medir su distancia lineal desde el inicio hasta el final (Risk, 1972). Esta medición se toma dos veces a lo largo del transecto con espacios de 5 m entre cada registro. Con esta información se estima la complejidad topográfica o vertical por medición con base en la siguiente ecuación (Aroson et al. 1994):

$$CT = 1 - (D/L) \quad (1)$$

donde *CT* es el índice de complejidad vertical (topográfica); *D* es la distancia lineal medida sobre la cadena; y *L* es la longitud total de la cadena (10 m). Los valores del índice van de cero (complejidad nula) a uno (máxima complejidad). Posteriormente se calcula un valor promedio por transecto, sitio y HC.

Heterogeneidad Horizontal

La heterogeneidad horizontal es el arreglo conformado por los diferentes grupos de corales en cada trayecto, sitio o HC. Los grupos de corales también se conocen como grupos funcionales bentónicos, por ejemplo corales submasivos, semiesféricos, cerebriformes, ramosos, forma de hongo, forma de copa de flor, incrustantes-foliosos, corales blandos, corales de fuego, microalgas y algas calcáreas. Para evaluar su importancia en el sitio es necesario calcular el área de cobertura de cada grupo presente a lo largo del transecto. Con este fin, se emplea el método de video-transectos.

Este método obtiene registros permanentes de cada transecto, reduce el tiempo de muestreo y no requiere que la persona que filma sea un experto en identificación de corales, sino un excelente buzo y buen camarógrafo (pueden ser los mismos pescadores). Además, no es destructivo y permite analizar comunidades bentónicas sin colocar marcadores permanentes en el ambiente y/o colectar organismos del lugar. Asimismo, el video-transecto cumple con los requerimientos necesarios para establecer un sistema de monitoreo porque provee medidas cuantitativas de cambios temporales y espaciales. La principal desventaja de este método es que el "poder" taxonómico del video es menor en relación a la identificación en campo y a la colecta de muestras para laboratorio.

Para cada video-transecto se registrará su orientación (en grados) y profundidad (m). El sustrato se filma siguiendo el transecto como guía, con una cámara de video, en posición totalmente vertical, a medida que el buzo avanza a una velocidad constante y moderada. Se recomienda emplear una cámara de video submarina que, de preferencia, grabe en formato digital, con una línea lastrada para mantenerla a 40 cm del fondo a fin de conservar un área constante en el recuadro de la imagen. El equipo mínimo requerido para realizar video-transectos consta de una pizarra magnética o tabla de acrílico, videocasetes de 8mm, miniDV o discos DVD, videocámara, caja estanca ("housing") y plomada.

Procedimiento en campo

Antes de entrar al agua se deben tomar estas previsiones:

1. Revisar que el equipo funcione perfectamente
2. Verificar la carga de la pila a utilizar y corroborar que el casete tenga el suficiente espacio de grabación para realizar el número de video-transectos deseados
3. Etiquetar con claridad cada casete o disco DVD, indicando fecha y sitio donde serán tomados los videos. Es importante que esto se realice cada día, antes de iniciar las filmaciones en campo, ya que en ocasiones un mismo casete o disco DVD se utiliza por días consecutivos
4. Respaldar la identificación de los casetes o discos DVD en una libreta
5. Instalar en la caja estanca la plomada para mantener una distancia constante de 40 cm de la lente con respecto al sustrato
6. Siempre que sea posible, fondear la embarcación y esperar a que la lectura del GPS sea constante para tomar la posición del sitio de muestreo

En la pizarra magnética o en una tabla de acrílico, se debe anotar la siguiente información:

1. Nombre del sitio
2. Código de la estación (si se tiene)
3. Número de transecto
4. Coordenadas geográficas
5. Fecha y hora
6. Nombre de la persona que realizará el video
7. Información adicional si se considera necesario

Toma del video-transecto bajo el agua:

1. Realizar una toma de la pizarra magnética
2. Filmar una señal con la mano para indicar el inicio de la grabación del transecto
3. El video-transecto siempre se realizará en el extremo derecho de la cinta métrica
4. El primer cuadro del video-transecto debe mostrar el inicio del transecto guía; así se establece claramente dónde debe iniciar el análisis en el laboratorio
5. Se debe seguir en forma paralela la línea guía o cinta métrica, sin que ésta aparezca en el video, y mantener la distancia de la cámara al sustrato a 40 cm, con la ayuda de la plomada
6. Es importante no desviarse o interrumpir la filmación del video-transecto para filmar otras cosas de interés. Éstas deben ser filmadas después, al término del transecto
7. En caso de que sea indispensable interrumpir la filmación del video-transecto se debe indicar en el video con una señal. Una vez que se continúe con la filmación se debe iniciar en el mismo sitio donde fue interrumpida
8. El último cuadro de video (terminación del video-transecto) debe mostrar alguna señal con la mano, previa al momento en que se levanta la cámara
9. El tiempo aproximado de la filmación del transecto debe ser de 8 a 10 minutos, nadando lentamente
10. No utilizar el zoom (se recomienda utilizar el autoenfoque de la cámara), ni hacer acercamientos mientras se filma el transecto
11. Siempre es necesario hacer una toma de la cinta a lo ancho y otra a lo largo del cuadro de filmación a 40 cm (con la plomada), con la finalidad de tener una estimación del área del cuadro filmado
12. Al finalizar la filmación del transecto se realizará una toma panorámica del sitio de muestreo para evidenciar la composición dominante del paisaje

Tratamiento de Video en Laboratorio

Para realizar la caracterización del hábitat se analizan los videos panorámicos de cada transecto en un monitor de alta resolución con el fin de corroborar las apreciaciones realizadas en campo. Después, en el monitor de alta resolución, se analizan a mayor detalle las imágenes obtenidas del sustrato por medio de los video-transectos de cada

sitio. Los video-transectos se procesan congelando la imagen a intervalos de tiempo determinados (muestras), bajo una serie de 13 puntos marcados y distribuidos sistemáticamente en la pantalla del monitor (Acosta-González, 2005) (Fig. 3). Para analizar el video, el intervalo de tiempo entre cada muestra se calcula dividiendo el tiempo del video-transecto entre el número determinado de cuadros de imagen (40 muestras). Se registra la cobertura de los siguientes grupos bentónicos, según los criterios de Humman y De Loach (2003a y b):

1. Grupos morfológicos de corales: submasivos, semiesféricos, cerebriformes, ramosos, hongo, copa-flor, incrustante-folioso
2. Otros grupos: corales blandos (octocorales), corales de fuego (hidrocorales), algas (macroalgas, algas calcáreas y turf) y esponjas
3. Tipo de sustrato: arena, piso calcáreo, escombro y coral muerto

El porcentaje de cobertura se estimará con base en la siguiente ecuación:

$$C = (Np/520)x100 \quad (2)$$

donde *C* es el porcentaje de cobertura del grupo o tipo de sustrato y *Np* es el número de puntos observados en las 40 imágenes del video-transecto. Con esta información se llenan los formatos electrónicos (Formato 1, hoja de Excel anexa en disco compacto a este manual), y se calculan los promedios de cobertura por video-transecto, sitio y hábitat crítico.

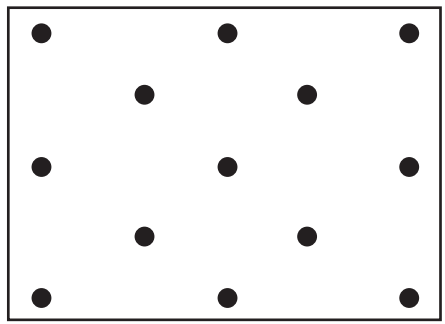


Fig 3. Disposición de los puntos en la pantalla para el análisis de cada muestra a lo largo del transecto (tomado de Acosta-González, 2005).

DETERMINACIÓN DE HÁBITATS CRÍTICOS (HC)

El monitoreo ecológico permitirá contar con información que describa cada uno de los sitios muestreados, identificados con anterioridad como hábitats críticos (HC), para las poblaciones pescadas comercialmente (ver Consulta de Pescadores. Pág 14). La función principal de estos HC es sentar las bases de un plan de manejo pesquero y en menor grado desarrollar o demostrar teorías ecológicas.

Desde un punto de vista ecológico, la información de estos hábitats críticos es obtenida y analizada con herramientas técnicas y estadísticas robustas, con la finalidad de reducir el sesgo provocado por la variabilidad del mismo muestreo. Por lo tanto, la determinación de la condición de los HC se realizará con base en los valores calculados de los descriptores o variables de la comunidad de peces y las características ecológicas o variables de los arrecifes coralinos que se enlistan en la Tabla 1. En el Anexo 4 se describen a detalle los procedimientos matemáticos y estadísticos para el tratamiento de la información y cómo llegar a la determinación de la condición de los hábitats críticos. Una vez que se obtengan los valores de los descriptores para cada uno de los hábitats críticos en una zona de pesca, los resultados deben ser presentados de manera sencilla, de tal forma que puedan ser interpretados por los pescadores quienes, junto con expertos y autoridades, pueden darse a la tarea de diseñar el plan de manejo para cada zona de pesca.



Foto: Claudio Contreras



ANEXO 1

Listado de Especies de Importancia Comercial del Arrecife Mesoamericano

La clave es alfa-numérica. Para facilitar la búsqueda en las siguientes páginas, la clave se basa en las Familias. Las especies se ordenan alfabéticamente por el nombre común que reciben en algunas localidades del Arrecife Mesoamericano. Los nombres científicos se presentan en la siguiente tabla.

Nombre Común	Clave
Abadejo	A-8 a A-12
Barracuda	R-1
Bonito	E-4
Boquinete	L-1
Cabrilla	A-1 a A-4
Chac-chi	B-2 a B-3; B-7 a B-9
Canané	C-10
Cherna	A-5
Cherna del Caribe	A-7
Cojinuda amarilla	D-1; D-2
Coronado	P-1
Corvina	J-1, J-2
Dorado	Q-2

Nombre Común	Clave
Pámpano	D-5 y D-7
Pámpano	Q-1
Pargo	C-4; C-6 a C-7
Pargo canchix	C-2
Pargo lunar	C-1
Pargo mulato	C-5
Peto	E-1
Posta	N-4
Pluma	N-1; N-2; N-3
Raya	S-10 a S-12
Robalo	K-1
Roncador francés	B-5
Ronco	B-6

Xcochín	G-2
Xcochín blanco	G-1
Escribano	O-1
Esmedregal	M-1
Huachinango	C-3
Huachinango ojo amarillo	C-9
Jurel	D-3 a D-4
Lisa blanca	H-2
Mero	A-6
Mojarra blanca	F-1
Ocean Triggerfish o Cochito	G-3
Palometa	D-6

Ronco blanco	B-1
Ronco boca chica	B-4
Rubia	C-8
Sardina escamuda y Sardina de hebra	I-1, I-2
Sargo amarillo	N-4
Sierra	E-2 a E-3
Tiburón aleta de punta negra	S-2
Tiburón gata	S-4
Tiburón o Cazón	S-1; Q-5 a Q-9
Tiburón tigre	S-3

Listado de especies de escama y tiburones más comunes en la captura de los pescadores del Arrecife Mesoamericano, ordenadas alfabéticamente por nombre científico.

Nombre Científico	Clave	Familia*	Nombre Común
Aetobatus narinari	S-12	Chondrichthyes	Raya
Archosargus rhomboidalis	N-4	Sparidae	Posta, Sargo amarillo o Salema
Balistes capriscus	G-1	Balistidae	Xcochín blanco

Nombre Científico	Clave	Familia*	Nombre Común
Balistes vetula	G-2	Balistidae	Xcochín
Calamus bajonado	N-1	Sparidae	Pluma
Calamus penna	N-2	Sparidae	Pluma
Calamus pennatula	N-3	Sparidae	Pluma
Canthidermis sufflamen	G-3	Balistidae	Cochito
Carangoides bartholomaei	D-1	Carangidae	Cojinuda amarilla
Carangoides ruber	D-2	Carangidae	Cojinuda
Caranx hippos	D-3	Carangidae	Jurel
Caranx latus	D-4	Carangidae	Jurel
Carcharhinus leucas	S-1	Chondrichthyes	Tiburón o Cazón
Carcharhinus limbatus	S-2	Chondrichthyes	Tiburón aleta de punta negra o Tiburón volador
Centropomus undecimalis	K-1	Centropomidae	Robalo
Cephalopholis cruentata	A-1	Serranidae	Cabrilla
Cephalopholis fulva	A-2	Serranidae	Cabrilla
Coryphaena equiselis	Q-1	Coryphaenidae	Pámpano
Coryphaena hippurus	Q-2	Coryphaenidae	Dorado
Cynoscion arenarius	J-1	Sciaenidae	Corvina
Cynoscion nebulosus	J-2	Sciaenidae	Corvina moteada

Nombre Científico	Clave	Familia*	Nombre Común
Dasyatis americana	S-11	Chondrichthyes	Mantaraya común, Raya látigo o Balam
Epinephelus adscensionis	A-3	Serranidae	Cabrilla
Epinephelus guttatus	A-4	Serranidae	Cabrilla
Epinephelus itajara	A-5	Serranidae	Cherna
Epinephelus morio	A-6	Serranidae	Mero
Epinephelus striatus	A-7	Serranidae	Cherna del Caribe o Mero del Caribe
Euthynnus alletteratus	E-4	Scombridae	Bonito
Galeocerdo cuvier	S-3	Chondrichthyes	Tiburón tigre
Gerres cinereus	F-1	Gerridae	Mojarra blanca
Ginglymostoma cirratum	S-4	Chondrichthyes	Tiburón gata
Haemulom album	B-1	Haemulidae	Ronco blanco
Haemulon aurolineatum	B-2	Haemulidae	Chac-chi
Harengula jaguan	I-1	Clupeidae	Sardina escamuda
Haemulon carbonarium	B-3	Haemulidae	Chac-chi
Haemulon chrysargyreum	B-4	Haemulidae	Ronco boca chica
Haemulon flavolineatum	B-5	Haemulidae	Roncador francés
Haemulon macrostomum	B-6	Haemulidae	Ronco
Haemulon parra	B-7	Haemulidae	Chac-chi

Nombre Científico	Clave	Familia*	Nombre Común
Haemulon plumierii	B-8	Haemulidae	Chac-chi
Haemulon sciurus	B-9	Haemulidae	Chac-chi
Hemiramphus brasiliensis	O-1	Hemiramphidae	Escribano
Lachnolaimus maximus	L-1	Labridae	Boquinete
Lutjanus analis	C-1	Lutjanidae	Pargo lunar
Lutjanus apodus	C-2	Lutjanidae	Pargo canchix
Lutjanus buccanella	C-3	Lutjanidae	Huachinango
Lutjanuscyanopterus	C-4	Lutjanidae	Pargo
Lutjanus griseus	C-5	Lutjanidae	Pargo mulato
Lutjanus jocu	C-6	Lutjanidae	Pargo
Lutjanus mahogoni	C-7	Lutjanidae	Pargo
Lutjanus synagris	C-8	Lutjanidae	Rubia
Lutjanus vivanus	C-9	Lutjanidae	Huachinango ojo amarillo
Mugil cephalus	H-1	Mugilidae	Lisa o Liseta
Mugil curema	H-2	Mugilidae	Lisa blanca
Mycteroperca bonaci	A-8	Serranidae	Abadejo
Mycteroperca phenax	A-9	Serranidae	Abadejo
Mycteroperca rubra	A-10	Serranidae	Abadejo
Mycteroperca tigris	A-11	Serranidae	Negrillo
Mycteroperca venenosa	A-12	Serranidae	Abadejo

Nombre Científico	Clave	Familia*	Nombre Común
Negaprion brevirostris	S-5	Chondrichthyes	Tiburón limón
Ocyurus chrysurus	C-10	Lutjanidae	Canané
Opistonema oglinum	I-2	Clupeidae	Sardina de hebra
Rachycentron canadum	M-1	Rachycentridae	Esmedregal
Rhizoprionodon terraenovae	S-6	Chondrichthyes	Cazón de ley
Scomberomorus cavalla	E-1	Scombridae	Peto
Scomberomorus maculatus	E-2	Scombridae	Sierra o Bonito
Scomberomorus regalis	E-3	Scombridae	Sierra
Seriola zonata	P-1	Pomadasyidae	Coronado
Sphyraena barracuda	R-1	Sphyraenidae	Barracuda
Sphyrna lewini	S-7	Chondrichthyes	Tiburón martillo
Sphyrna mokarran	S-8	Chondrichthyes	Tiburón martillo o Cornuda gigante
Sphyrna tiburo	S-9	Chondrichthyes	Tiburón cabeza de pala o Cazón
Trachinotus carolinus	D-5	Carangidae	Pámpano amarillo
Trachinotus falcatus	D-6	Carangidae	Palometa
Trachinotus goodei	D-7	Carangidae	Pámpano
Urobatis jamaicensis	S-10	Chondrichthyes	Raya redonda o Extun

*En el caso de los tiburones y las rayas, no se menciona la Familia sino la Clase (*Chondrichthyes*), por tratarse de pocas especies.

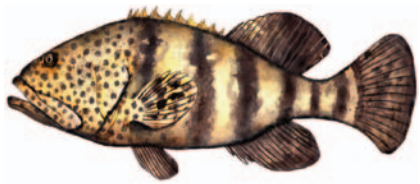
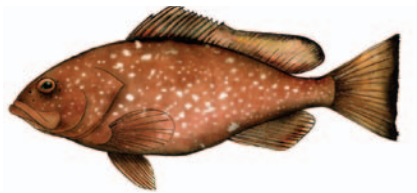
Sumario de especies de peces de importancia comercial en el Arrecife Mesoamericano

Familia	No. de Especies	Clave
Serranidae	11	A
Haemulidae	9	B
Lutjanidae	10	C
Carangidae	7	D
Scombridae	4	E
Gerridae	1	F
Balistidae	3	G
Mugilidae	2	H
Clupeidae	2	I
Sciaenidae	2	J
Centropomidae	1	K
Labridae	1	L
Rachycentridae	1	M
Sparidae	3	N
Hemiramphidae	1	O
Pomadasyidae	1	P
Coryphaenidae	2	Q
Sphyraenidae	1	R
Chondrichthyes	12	S

TAXA	TOTAL
Especie	68
Géneros	31
Familias*	16

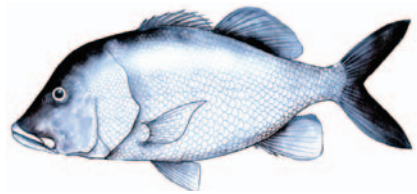
*No se incluyen las Familias de los tiburones y rayas (Clase *Chondrichthyes*)

Familia A - Serranidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
A-1	*Cephalopholis cruentata*	Cabrilla o Saraza	ND
A-2	*Cephalopholis fulva*	Cabrilla o Mantequilla	ND
A-3	*Epinephelus adscensionis*	Cabrilla o Rock fish	ND
A-4	*Epinephelus guttatus*	Cabrilla o Yimmy hind	
A-5	*Epinephelus itajara*	Cherna	
A-6	*Epinephelus morio*	Mero	
A-7	*Epinephelus striatus*	Cherna del Caribe o Grupa	
A-8	*Mycteroperca bonaci*	Abadejo o Piedra	

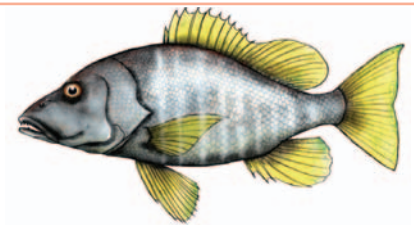
Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
A-9	*Mycteroperca phenax*	Abadejo	ND
A-10	*Mycteroperca rubra*	Abadejo	ND
A-11	*Mycteroperca tigris*	Negrillo	ND
A-12	*Mycteroperca venenosa*	Abadejo o Pejepiedra	ND

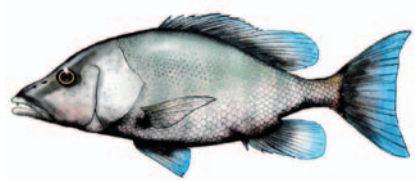
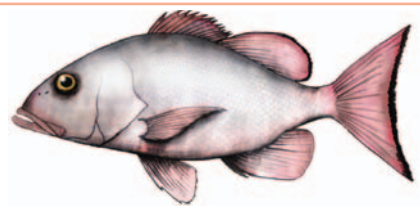
Familia B - Haemulidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
B-1	*Haemulom album*	Ronco blanco o Changay	
B-2	*Haemulon aurolineatum*	Chac-chi	ND
B-3	*Haemulon carbonarium*	Chac-chi	ND
B-4	*Haemulon chrysargyreum*	Ronco boca chica	
B-5	*Haemulon flavolineatum*	Roncador francés o Ronco	

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
B-6	*Haemulon macrostomum*	Ronco o Ronco arcoiris	
B-7	*Haemulon parra*	Chac-chi	ND
B-8	*Haemulon plumieri*	Chac-chi o Ronco	
B-9	*Haemulon sciurus*	Chac-chi o Caula	ND
B-10	*Haemulon surinamensis*	Ronco negro	ND

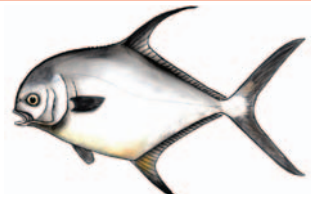
Familia C - Lutjanidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
C-1	*Lutjanus analis*	Pargo lunar o Pargo	
C-2	*Lutjanus apodus*	Pargo canchix o Cubera	
C-3	*Lutjanus buccanella*	Huachinango o Roja	ND

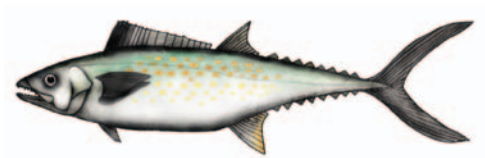
Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
C-4	*Lutjanus cyanopterus*	Pargo o Cubera	ND
C-5	*Lutjanus griseus*	Pargo mulato o Cubera negra	
C-6	*Lutjanus jocu*	Pargo o Cubera o Diente perro	
C-7	*Lutjanus mahogoni*	Pargo o Cubera	
C-8	*Lutjanus synagris*	Rubia o Calale	ND
C-9	*Lutjanus vivanus*	Huachinango de ojo amarillo	
C-10	*Ocyurus chrysurus*	Canané o Yalatel	

Familia D - Carangidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
D-1	*Carangoides bartholomaei*	Cojinuda amarilla o Jurel	
D-2	*Carangoides ruber*	Cojinuda o Guembere	
D-3	*Caranx hippos*	Jurel o Jurel verdadero	
D-4	*Caranx latus*	Jurel o Jurel ojudo	
D-5	*Trachinotus carolinus*	Pámpano amarillo	

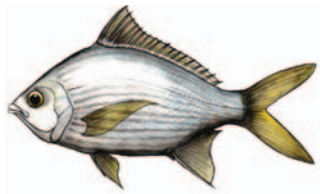
Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
D-6	*Trachinotus falcatus*	Palometa	
D-7	*Trachinotus goodei*	Pámpano	ND
D-8	*Alectis ciliaris*	Pejeplato	ND
D-9	*Caranx crysos*	Culile	ND
D-10	*Elagatis bipinnulata*	Ocean Yalatel	ND
D-11	*Selar crumenophthalmus*	Culile	ND

Familia E - Scombridae

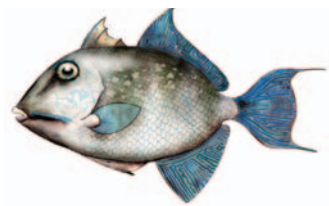
Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
E-1	*Scomberomorus cavalla*	Peto o King fish	
E-2	*Scomberomorus maculatus*	Sierra, Bonito o Macarela	
E-3	*Scomberomorus regalis*	Sierra o Cero	ND
E-4	*Euthynnus alletteratus*	Bonito	

E-5	*Thunnus atlanticus*	Salmón	ND

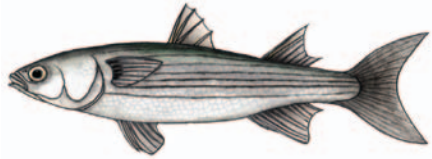
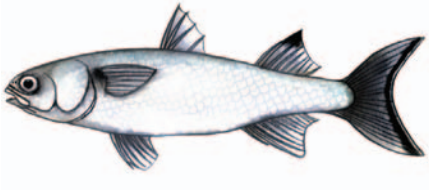
Familia F – Gerreidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
F-1	*Gerres cinereus*	Mojarra blanca	
F-2	*Eugerres plumieri*	Mojarra rayada o Chiua	

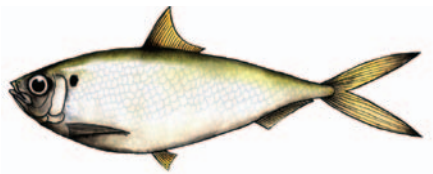
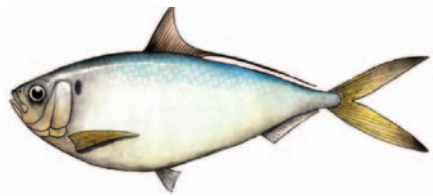
Familia G – Balistidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
G-1	*Balistes capriscus*	Xcochín blanco	
G-2	*Balistes vetula*	Xcochín o Vieja	ND
G-3	*Canthidermis sufflamen*	Cochito	ND

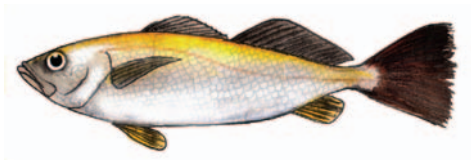
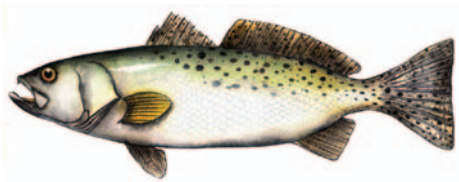
Familia H – Mugilidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
H-1	*Mugil cephalus*	Lisa o Liseta	
H-2	*Mugil curema*	Lisa blanca	

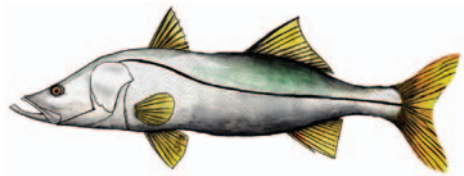
Familia I – Clupeidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
I-1	*Harengula jaguan*	Sardina escamuda	
I-2	*Opistonema oglinum*	Sardina de hebra	

Familia J – Sciaenidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
J-1	*Cynoscion arenarius*	Corvina	
J-2	*Cynoscion nebulosus*	Corvina moteada	

Familia K – Centropomidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
K-1	*Centropomus undecimalis*	Robalo	

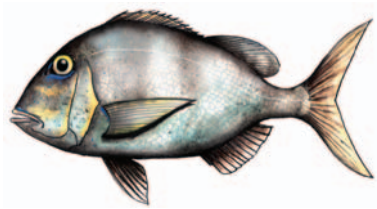
Familia L – Labridae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
L-1	*Lachnolaimus maximus*	Boquinete o Pejechancho	

Familia M – Rachycentridae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
M-1	*Rachycentron canadum*	Esmedregal	

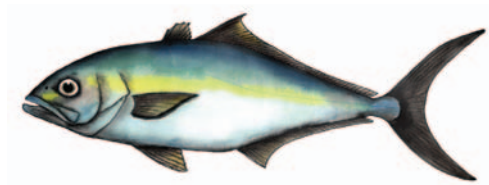
Familia N – Sparidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
N-1	*Calamus bajonado*	Pluma	
N-2	*Calamus penna*	Pluma	ND
N-3	*Calamus pennatula*	Pluma	ND
N-4	*Archosargus rhomboidalis*	Posta, Sargo amarillo o Salema	
N-5	*Calamus calamus*	Pluma o pejepluma	ND

Familia O – Hemiramphidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
O-1	*Hemiramphus brasiliensis*	Escribano	

Familia P – Pomadasyidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
P-1	*Seriola zonata*	Coronado	

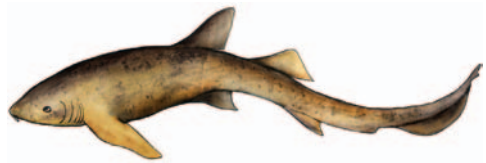
Familia Q – Coryphaenidae

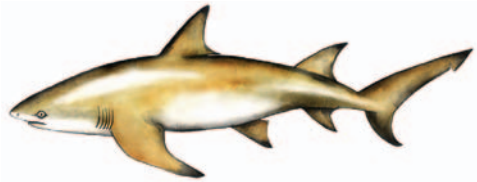
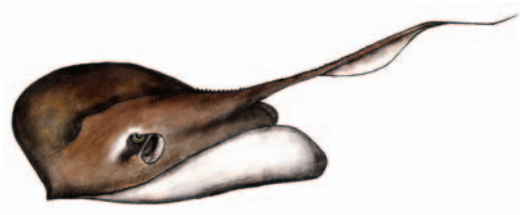
Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
Q-1	*Coryphaena equiselis*	Pámpano	
Q-2	*Coryphaena hippurus*	Dorado o Pez iguana	

Familia R – Sphyraenidae

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
R-1	*Sphyraena barracuda*	Barracuda	

Familia S - Chondrichthyes (tiburones y rayas)

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
S-1	*Carcharhinus leucas*	Tiburón o Cazón	ND
S-2	*Carcharhinus limbatus*	Tiburón aleta de punta negra	
S-3	*Galeocerdo cuvier*	Tiburón tigre	
S-4	*Ginglymostoma cirratum*	Tiburón gata	

Clave	Nombre Científico	Nombre Común	Ilustración
S-5	*Negaprion brevirostris*	Tiburón limón	
S-6	*Rhizoprionodon terraenovae*	Cazón de ley	
S-7	*Sphyrna lewini*	Tiburón martillo	ND
S-8	*Sphyrna mokarran*	Tiburón martillo	ND
S-9	*Sphyrna tiburo*	Tiburón o Cazón	ND
S-10	*Urobatis jamaicensis*	Raya redonda	ND
S-11	*Dasyatis americana*	Raya	
S-12	*Aetobatus narinari*	Raya	ND

ANEXO 2

Clasificación de Artes de Pesca del Arrecife Mesoamericano

En este Anexo se presenta una clasificación de las artes de pesca usadas en el Arrecife Mesoamericano, así como algunas de sus características. Dado que las artes de pesca pueden tener un fuerte impacto sobre el ecosistema, principalmente sobre la biodiversidad, es determinante contar con información sobre sus características, su cantidad por zona y las fechas en que son empleadas.

En términos generales, las artes de pesca se clasifican en cuatro tipos principales:

- Redes
- Palangres
- Líneas
- Trampas

Las redes son las que impactan con mayor intensidad a la biodiversidad marina, seguidas por las líneas de mano y los palangres, que capturan un número similar de especies, y finalmente por las trampas, mucho más selectivas (Figura 4 y Tabla 2).

Artes de Pesca	No. Especies Capturadas	
Redes	>40	

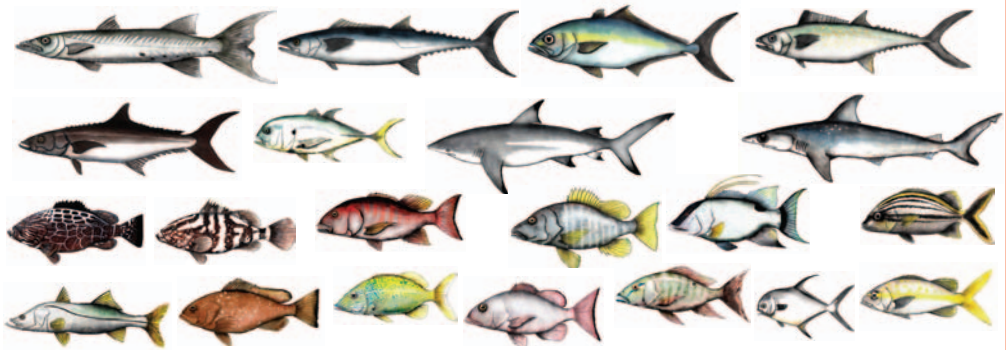
Artes de Pesca	No. especies Capturadas	
Redes	>40	
Palangres	26	
Líneas	30	
Trampas	5	

Fig 4. Impacto de las artes de pesca sobre la biodiversidad en el Arrecife Mesoamericano.

Las redes, utilizadas principalmente en la parte norte del Arrecife Mesoamericano y en la costa de Guatemala, capturan más de 40 especies, de las cuales el 67% son especies objetivo y el restante 33% son incidentales. Es muy importante resaltar que no todas las especies se capturan en el mismo sitio ni tiempo, es decir, la selectividad de las redes depende en gran medida del lugar en donde son colocadas y la época del año en que se usan, ya que hay especies muy abundantes en lagunas o mar abierto, otras son migratorias y algunas más se agregan en épocas de reproducción.

Los palangres capturan menos especies que las redes, con un registro de 26 especies. Las líneas de mano capturan alrededor de 30 especies. Las trampas o sombras capturan unas cinco especies, entre ellas langosta, pargo, mero y pulpo.

El uso del arpón es una práctica que ya ha sido prohibida en muchas Áreas Marinas Protegidas pues se ha demostrado que resulta nocivo para mantener el balance del ensamble de peces que a su vez mantiene las colonias de corales en estado saludable. Se emplea en buceo autónomo, buceo con compresor o buceo libre. Muchos pescadores argumentan que su uso obedece a aspectos de seguridad al bucear, dando prioridad a la defensa de ataques de tiburones y otros carnívoros.

Tabla 2. Tipos de artes de pesca registrados en el Arrecife Mesoamericano.

Artes de Pesca	Variantes o Estilos	No. de Sub -variantes*
Redes	*Redes Agalleras*	9
	Red Caritera	1
	Red Corvinera	1
	Red Langostera	5
	Red Lisetera o Corvinera	1
	Red Pampanera	1
	Red para Sardina o Sardinera	3
	Red para Sierra	1
	Red Robalera	2
	Red Tiburonera	1
	Atarraya	1

Artes de Pesca	Variantes o Estilos	No. de Sub -variantes*
Palangres	Palangres Escameros	5
	Palangre para Carnada	1
	Palangre Tiburonero	2
	Palangre Tipo Huachinangero	1
	Palangre Viajero de Fondo	2
	Rosario o Ristra (Palangre Vertical)	1
Líneas	Línea Cabrillera de Fondo	1
	Línea con Anzuelo	1
	Línea de Mano	4
	Carpiota o Pollito	2
	Troleado	1
Trampas	Nasa o Trampa Langostera	2
	Casitas Cubanas	3
Buceo	Buceo Autónomo o SCUBA	1
	Buceo con Hooka (compresor)	1
	Buceo Libre o “A pulmón”	1
	TOTAL	**55**

*Las sub-variantes se refieren a pequeños cambios técnicos en los estilos de las artes de pesca, por ejemplo abertura de luz de malla, número del anzuelo, materiales de fabricación, etc.

Los siguientes recuadros muestran las principales características de las artes de pesca empleadas en diversas comunidades de pescadores a lo largo del Arrecife Mesoamericano. Para mayor información sobre las especificaciones de cada una de las aproximadamente 60 artes de pesca hasta ahora registradas se puede consultar el documento "Catálogo de Artes de Pesca del Arrecife Mesoamericano", WWF-ICRAN/Biosistemas (2005).

Redes

Redes Agalleras

- Monofilamento de color verde o blanco, cuyo calibre varía de 0.4 mm a 0.9 mm
- Luz de malla variable, que va de 41/4" a 6"
- Caída: varía de 2 m a 6 m
- Longitud: 50 m a 127 m
- Tralla: comúnmente es de polipropileno (multifilamento) de calibre 6 mm a 8 mm
- Las boyas dependen de la longitud y generalmente se colocan cada 40 cm, por lo que pueden tener de 60 a 100 boyas
- Los plomos también dependen de la longitud de la red, y pueden ser de 200 a 300 plomos
- Tanto las boyas como los plomos se atan a la red con hilo de seda del No. 9 al 15
- Algunas redes llevan 2 grampines












Redes Langosteras

- De hilo de seda o nylon color blanco del No. 9 al 12
- Luz de malla: 41/2″ a 7″ (de 11.3 cm a 15 cm)
- Caída: de 50 m hasta 120 m
- Algunas redes forman rizos o bolsas en la parte inferior
- Tralla de polipropileno (multifilamento) de 6 mm a 8 mm
- Dependiendo de la longitud pueden tener de 30 a 80 boyas y de 60 a 240 plomos
- También llevan grampines







Redes Sardineras

- Monofilamento de color verde o blanco de 0.4 mm a 0.9 mm.
- En comparación con la red agallera, tiene una luz de malla muy reducida que va 1.5″ a 2″
- Caída: de 100 mallas
- Longitud: de 45 m a 60 m
- Tralla de polipropileno (multifilamento) de calibre 6 mm a 8 mm
- Las boyas dependen de la longitud y generalmente se colocan cada 40 cm, por lo que pueden tener de 60 a 100 boyas
- Los plomos también dependen de la longitud de la red, y pueden ser de 100 a 300 plomos
- Tanto las boyas como los plomos se atan a la red con hilo de seda No. 15







Redes Robaleras

- Monofilamento de nylon con calibre de 0.90 mm a 0.95 mm, color blanco o verde
- Luz de malla: de 5″ ó 6″
- Longitud: de 50 m a 60 m, aunque también se presentan de 110 m a 127 m
- Tralla de polipropileno de calibre 6 u 8 mm
- Caída de 6 m y lleva 60 plomos y 60 boyas





Red para Sierra	Red Tiburonera
• Monofilamento de nylon (Ø = 0.55-0.70 mm), blanco y/o verde • Luz de malla: de 4.25-4.5″ (10.7-11.3 cm). • Caída: de 65 mallas • Largo: de 50 a 60 m • Tralla multifilamento (Ø = 25 mm), con boyas tipo dona y plomos cónicos • Hilo de seda No.15	• Hilo de seda No. 36 • Luz de malla: de 14″ (35.3cm) • Caída: de 20 mallas • Largo: 80 m • Tralla multifilamento (Ø = 8 mm), con 55 boyas y 110 plomos • Hilo de seda No. 24
	

Red Caritera	Red Corvinera
• Monofilamento de nylon (Ø = 0.70 mm), blanco y/o verde • Luz de malla: de 41/4″ a 4 1/2″ (10.7 a 11.3 cm) • Caída: 75 mallas • Largo: de 50 a 60 m • Tralla: multifilamento Ø = 8 mm con 60 boyas y 60 plomos • Hilo de seda No. 15 y 18	• Monofilamento de nylon (Ø = 0.47-0.55 mm), blanco y/o verde • Luz de malla: de 3 1/2″ (8.8 cm) • Caída: de 50 mallas (3.5 m) • Largo: de 50 a 60 m • Tralla: multifilamento Ø = 8 mm con 60 boyas y 60 plomos • Hilo de seda No. 15
	

Red Pampanera	Atarraya
• Monofilamento de nylon (Ø = 0.55 mm), blanco y/o verde • Luz de malla: de 4.25" (10.7–12.6cm). • Caída: de 30 mallas • Largo: de 50 a 60 m • Tralla de multifilamento (Ø = 8 mm), con 30 boyas y 60 plomos • Hilo de seda No. 15	• Monofilamento de nylon No. 30 (Ø = 1.9 mm) • Luz de malla: 70 mm • Circunferencia que oscila alrededor de 3.5 m y una altura aproximada de 1.8 m. De 4 a 5 kg de plomos de forma cónica. Se utiliza para capturar carnada
	

Palangres

Palangre Escamero	
• Línea madre de hilo de seda No. 96 y 120 o de polipropileno de 6 mm • Reinales de seda No. 36 • Generalmente los anzuelos son del 7 a 9 de tipo Huachinanguero o Noruego, aunque algunos tienen anzuelos No. 5 • Longitud del palangre es variable y va de 230 m hasta 800 m, por lo que el total de anzuelos varía de 150 a 400 • La distancia entre los reinales es de aproximadamente 2 m y el largo del reinal va de 40 cm a 50 cm • Algunos llevan lastre de 6 Kg y boyas tipo balón con banderín	

Palangre Tiburonero

- Línea madre de cremona de calibre 4 a 6 (3.7 mm), con una longitud de 650 m a 1,000 m
- Reinales de niquelina con una longitud de 2 m a 9 m, pueden ser giratorios o fijos
- La distancia entre los reinales es de 20 m
- Anzuelos de tipo Atunero No. 7 al 9 y puede llevar de 20 a 100 anzuelos
- Tiene 3 anclas pequeñas o grampines, para ser utilizados a la deriva o amarrados a la embarcación
- En los extremos del palangre se colocan un grampín y una boya
- Algunas embarcaciones pueden utilizar de 4 a 6 palangres operados por 2 ó 3 pescadores
- La localización puede hacerse mediante ecosondas, GPS o LORAN



Palangre para Carnada

- Línea madre de polipropileno (Ø = 6)
- Longitud: 650 m
- Anzuelos por línea: 70
- Anzuelos No. 5 al 7 tipo Huachinanguero
- Se opera de 45 a 90 m con embarcaciones de 24 a 28 pies



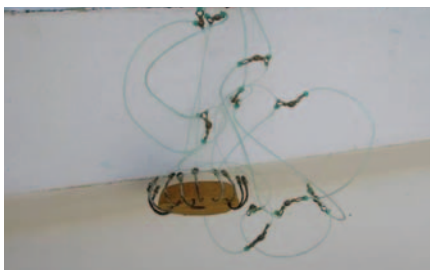
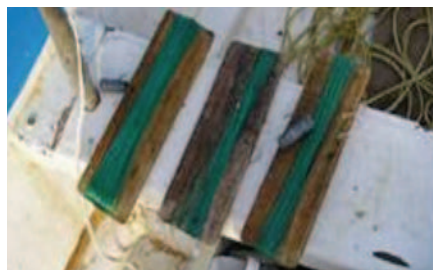
Palangre Viajero, Volador o Rosario

- Consiste en un línea de monofilamento - nylon (Ø = 1.2 a 2.0 mm)
- Longitud total: 315 m
- Lleva de 15 a 20 anzuelos No. 10 tipo Huachinanguero
- Un extremo está unido a un cable de niquelina de 15 m
- Cuenta con 1 boya y 1 plomo de 1 Kg
- Opera a profundidades de 200 a 250 m



Palangre Tipo Huachinangero	Palangre Escamero de Fondo
• Línea madre de cremona (Ø = 6) • Longitud: 650 m • Anzuelos por línea: 70 • Anzuelos No. 7 al 9 tipo Noruego • Reinal giratorio o fijo y alambres para sujeción. Cada anzuelo con su reinal mide 5 brz (9 m), de cremona No. 4 • Localización con Ecosondas, GPS y LORAN • Operaciones a >30 brazas	• Línea madre de hilo de seda No. 120 (3.73 mm) • Longitud del palangre: 300-5000 m • Anzuelo tipo Huachinanguero No. 5.7 ó 9 • Distancia entre reinales: 1.5m • Largo del reinal: 40 cm • Total de reinales: 300-400 • Boya tipo balón con banderín
	

Líneas

Rosario o Ristra (Palangre Vertical)	Línea Cabrillera
• Línea madre de 1.30 mm, • Longitud del palangre: 400 m • Total de destorcedores de 3 vías: 10 del No. 12 • Anzuelo tipo Huachinanguero No. 9 • Total de anzuelos: 10	• Línea de monofilamento de nylon (Ø = 1.2 mm) • Longitud total:150 m • Anzuelos del No. 8 y 9 tipo Japonés o Recto • 2 anzuelos por línea • Plomo No. 8
	

Línea de Mano y Troleado

- Longitud de la línea: de 50 m a 250 m (enrollada en carretes)
- Monofilamento de nylon de 0.55 mm a 1 mm
- Cada línea puede llevar de 2 a 3 anzuelos tipo Recto No. 7 a 9
- Como lastre pueden llevar un plomo o incluso 20 cm de varilla de hierro corrugado de 1/4″
- Cada embarcación puede operar de 4 a 10 líneas o más



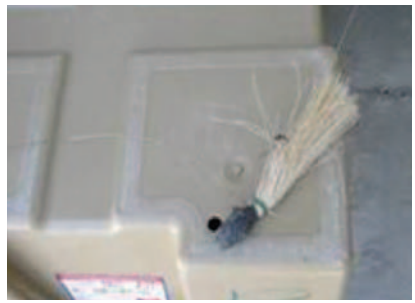




Pollito o Carpiota

- Longitud de línea de 50 m a 250 m
- Anzuelo recto No. 3, aunque también se usan anzuelos No. 7 u 8
- Los anzuelos se cubren con rafia o se les ata un plomo cilíndrico que se cubre con rafia o henequén. El anzuelo se sujeta a una línea de monofilamento de nylon calibre 0.7 mm a 0.9 mm. El ojo del anzuelo queda en la parte superior del plomo y en él se incorpora un tramo de niquelina con un giratorio como refuerzo



Pollito o Carpiota	
• La línea se opera con la embarcación en marcha • Cuando se quiere operar a mayor profundidad se añade otro plomo	

Trampas

Sombra Langostera de Madera	Sombra o Casita Cubana
• Tablones de madera dura de 1 plg. de alto, 25-30 cm de ancho y 2 m de largo • Polines en los extremos • Dimensión total: 1.1 m de ancho por 2 m de largo y 40-50 cm de alto • Peso total: 350 kg	• Estructura de cemento, gravilla, polvo, alambrón y varilla de construcción (3/8″) • Tiene forma rectangular y mide 1.5 m x 1.2 m x 20 cm. Posee un extremo abierto y los costados y el fondo cerrados
	

Trampa Langostera

- Forma rectangular de varilla corrugada: Ø =0.5
- Malla de alambre con abertura: 2.5 x 5 cm
- Hilo de seda No. 36-42
- Medida total de nasa: 1x1.5x0.55 m



Buceo Libre o "a pulmón"

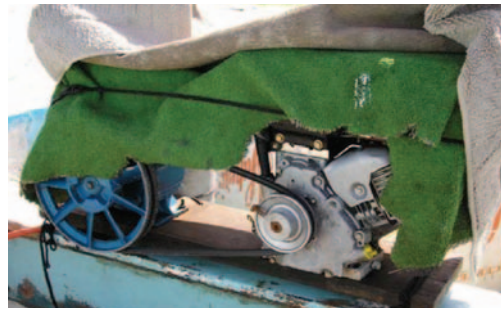
- El equipo consta de visor, tubo de respiración o snorkel, aletas, arpón, gancho, guante, bolsa. Existen regulaciones para su práctica en las Áreas Marinas Protegidas



Buceo Autónomo o SCUBA

- Aletas, snorkel, arpón, visor, equipo de buceo autónomo (regulador, reloj, profundímetro, manómetro, chaleco, cinturón y plomos) tanques de aire comprimido (de 3,000 libras), guantes, foco (lámpara de buceo), bolso de red y globo artesanal



Buceo con Hooka (compresor)	
• Tanque cilíndrico de almacenamiento de aire • Compresor de 1.5 y 2.5 HP • Motor de 5.5 y 6.5 HP • Manguera plástica con una longitud de 100 metros y de 1/4″ de grosor con enmalle de seda. Uno de los extremos de la manguera se conecta al compresor y el otro extremo a una boquilla El pescador utiliza aletas, visor, arpón, bolso para las capturas y un gancho que lleva un anzuelo recto amarrado en un extremo	

ANEXO 3

Caracterización de Paisajes Arrecifales en Yum Balám, México

Este es un ejemplo de cómo aplicar el análisis multicriterio en un taller comunitario para determinar sitios potenciales de monitoreo ecológico tomando en cuenta la experiencia y conocimiento de los pescadores locales.



Foto: Gilberto Acosta.

La siguiente información surgió del "Recuento y Acuerdos del Taller de Planeación Comunitaria del Proyecto de Monitoreo para la Evaluación de los Paisajes Arrecifales en la Costa de Holbox, Quintana Roo", realizado por WWF, con apoyo de la CONANP, en las comunidades de Holbox y Chiquilá en febrero de 2006.

Durante el taller los pescadores discutieron, junto con el equipo de WWF y del Área Natural Protegida Yum Balam, México, los sitios de importancia para la pesca y las especies que en ellos coexisten. Después de lograr un consenso sobre los sitios críticos, se procedió a evaluarlos con las siguientes calificaciones o criterios:

Calificaciones:

0: Ausente o no importante
1: Medianamente presente
2: Presente / Frecuente

Criterios

1. Caracterización con respecto a criterios físico-operativos

Ponderación del Criterio*		2	2	1	2
Sitios		Profundidad	Visibilidad	Velocidad de Corriente	Distancia
1	Bajo Corsario	1	1	1	0
2	Piedra Corrida	1	1	2	2
3	Cuevones	1	1	1	2

Ponderación del Criterio*		2	2	1	2
Sitios		Profundidad	Visibilidad	Velocidad de Corriente	Distancia
4	Los Toretes	1	1	2	2
5	Punta Mosquito	0	2	1	0
6	Boca de Limbo	0	1	1	2
7	Rancho Bonito	0	1	1	1
8	Punta Caracol	1	0	1	1
9	Boca Nueva	1	1	1	2
10	Sábalo	2	1	2	2
11	Poza del Noroeste	2	1	1	2
12	Cueva de Don Miguel	1	1	1	2
13	Los Picos de Flaco	3	2	2	2
14	La Bandera	0	2	0	0

* La ponderación de cada característica puede adquirir valores del 1 al 3, dependiendo de su importancia relativa con respecto a las demás características.

2. Caracterización con respecto a criterios de uso

Ponderación del Criterio*		2	2	2	1	1	1	2
Sitios		Pesca de Langosta	Pesca de Escama	Pesca de Pulpo	Pesca de Tiburón	Pesca Deportiva	Snorkel	Observación Tiburón-Ballena
1	Bajo Corsario	2	2	1	1	2	0	0
2	Piedra Corrida	2	2	1	1	1	2	2
3	Cuevones	0	1	0	1	1	2	0
4	Los Toretes	2	1	0	1	1	0	1

Ponderación del Criterio		2	2	2	1	1	1	2
Sitios		Pesca de Langosta	Pesca de Escama	Pesca de Pulpo	Pesca de Tiburón	Pesca Deportiva	Snorkel	Observación Tiburón-Ballena
5	Punta Mosquito	1	1	1	1	1	2	0
6	Boca de Limbo	1	1	1	1	1	0	0
7	Rancho Bonito	1	1	1	1	1	0	0
8	Punta Caracol	1	2	1	1	1	0	0
9	Boca Nueva	2	1	1	1	1	0	0
10	Sábalo	0	0	2	2	2	0	2
11	Poza del Noroeste	0	1	1	1	1	0	0
12	Cueva de Don Miguel	0	0	1	1	1	2	0
13	Los Picos de Flaco	2	2	2	2	1	0	0
14	La Bandera	1	0	0	0	1	2	0

3. Caracterización con respecto a criterios de amenaza

Ponderación del Criterio		2	2	2	2	2	2	2
Sitios		Vulnerabilidad a Huracanes	Pescadores Furtivos	Flota Foránea	Pesca Ilegal	Anclaje	Redes de Fondo	Contaminación
1	Bajo Corsario	2	0	2	1	1	2	0
2	Piedra Corrida	2	0	2	1	1	2	0
3	Cuevones	1	2	0	2	2	1	1
4	Los Toretes	2	2	0	2	1	1	0
5	Punta Mosquito	2	0	0	1	1	1	0

Ponderación del Criterio		2	2	2	2	2	2	2
Sitios		Vulnerabilidad a Huracanes	Pescadores Furtivos	Flota Foránea	Pesca Ilegal	Anclaje	Redes de Fondo	Contaminación
6	Boca de Limbo	2	2	0	2	2	1	0
7	Rancho Bonito	1	0	0	1	1	1	0
8	Punta Caracol	1	0	2	1	1	2	0
9	Boca Nueva	2	2	2	2	2	1	1
10	Sábalo	1	0	0	1	2	1	0
11	Poza del Noroeste	1	0	0	1	1	1	0
12	Cueva de Don Miguel	1	2	0	1	1	1	0
13	Los Picos de Flaco	1	0	0	0	1	1	0
14	La Bandera	0	1	0	2	1	1	1

4. Caracterización con respecto a criterios biológicos

Ponderación del Criterio		2	2	1	1	1
Sitios		Diversidad de Peces	Cantidad de Coral	Presencia de Erizos	Presencia de Loras	Presencia de Tortuga
1	Bajo Corsario	2	2	1	2	2
2	Piedra Corrida	2	2	2	2	2
3	Cuevones	2	2	1	2	2
4	Los Toretes	2	2	1	2	2
5	Punta Mosquito	2	2	1	1	2
6	Boca de Limbo	1	1	2	0	1

Ponderación del Criterio		2	2	1	1	1
Sitios		Diversidad de Peces	Cantidad de Coral	Presencia de Erizos	Presencia de Loras	Presencia de Tortuga
7	Rancho Bonito	1	1	0	0	2
8	Punta Caracol	2	2	0	0	1
9	Boca Nueva	2	2	1	2	2
10	Sábalo	0	0	1	0	1
11	Poza del Noroeste	1	1	0	1	2
12	Cueva de Don Miguel	1	1	0	1	0
13	Los Picos de Flaco	2	2	0	2	0
14	La Bandera	1	1	0	0	1

Ponderación del Criterio		1	1	1	1	1
Sitios		Presencia de Tiburón	Presencia de Meros	Presencia de Pargos	Presencia de Barracudas	Presencia de Algas
1	Bajo Corsario	2	2	2	2	2
2	Piedra Corrida	2	2	2	2	2
3	Cuevones	1	1	2	2	2
4	Los Toretes	2	1	2	2	1
5	Punta Mosquito	1	1	2	2	2
6	Boca de Limbo	0	1	1	0	1
7	Rancho Bonito	0	2	1	0	1

Ponderación del Criterio		1	1	1	1	1
Sitios		Presencia de Tiburón	Presencia de Meros	Presencia de Pargos	Presencia de Barracudas	Presencia de Algas
8	Punta Caracol	1	1	2	2	1
9	Boca Nueva	1	1	2	2	2
10	Sábalo	2	1	2	2	1
11	Poza del Noroeste	1	0	2	0	1
12	Cueva de Don Miguel	0	0	1	1	1
13	Los Picos de Flaco	2	2	2	2	2
14	La Bandera	1	0	1	2	2

5. Resultados obtenidos

Una vez que se obtuvieron las calificaciones para todos los sitios, se procedió a evaluar la importancia relativa de unos sitios con relación a otros, aplicando una fórmula sencilla:

$$P = \sum cxw$$

donde P es la importancia o valor relativo de cada sitio con respecto a los demás sitios, c es la calificación concensuada del criterio en cada sitio y w es el valor de ponderación, asignado también mediante consenso. La siguiente tabla muestra los valores o puntajes alcanzados por los siete sitios con mayor calificación.

No	Nombre del Sitio	Puntaje
2	Piedra Corrida	60
1	Bajo Corsario	59
9	Boca Nueva	55
4	Los Toretes	48
5	Punta Mosquito	48
3	Cuevones	47
13	Los Picos de Flaco	45

6. Selección de sitios para el monitoreo a partir de la ponderación de criterios

Considerando que se había decidido seleccionar cinco sitios y que fueron siete los sitios que obtuvieron mayor puntaje, se procedió a una última discusión para determinar los lugares definitivos. Algunos elementos que tomaron parte importante en esta última selección fueron: distancia entre sitios, distancia a la comunidad, dificultad para el muestreo, e importancia para la pesca. Los sitios escogidos se muestran en el siguiente mapa: Corsario; Piedra Corrida; Cuevones; Punta Mosquito; y Boca Nueva.



7. Capacitación a pescadores para monitoreo ecológico

Los pescadores recibieron la capacitación técnica que les permitió participar de manera formal en la obtención de la información ecológica en los sitios de muestreo seleccionados. La capacitación incluyó los siguientes cursos:

- Certificación de buceo autónomo PADI (Open Water) para 16 pescadores de Holbox y Chiquilá
- Entrenamiento técnico a pescadores para la toma de datos científicos
- Capacitación de métodos de evaluación para sistemas arrecifales
- Método para censar, identificar y estimar abundancia y tallas de peces
- Conteo de colonias de coral e identificación de formas: submasivo, semiesférico, cerebriforme, incrustante-foliáceo, ramificada, carnosa u hongo, copa-flor
- Método para la realización de videotransectos
- Colocación del transecto y método para registrar la complejidad topográfica

Al finalizar la capacitación se evaluó a los participantes mediante la proyección de fotografías de las especies de peces, invertebrados y grupos morfofuncionales de manera aleatoria y sin anotaciones de características distintivas. Cada participante anotó el nombre común y talla en el caso de los peces o el nombre común o forma en el caso de los invertebrados y grupos morfofuncionales respectivamente. Cabe resaltar que varios pescadores obtuvieron calificaciones excepcionales al compararlas con técnicos especializados, principalmente en la identificación de peces.

Los resultados de este monitoreo nos indican que existen dos tipos de hábitats según su condición y con base en las características del bentos, el ensamblaje de peces y la abundancia de los invertebrados clave. El primer grupo incluyó a Corsario y Punta Mosquito con las condiciones menos favorables porque son arrecifes rocosos con poca complejidad topográfica y una abundancia alta de corales blandos. Su biodiversidad es baja y presenta la menor riqueza y biomasa de peces, así como una baja abundancia de invertebrados clave. El segundo grupo lo constituyeron los hábitats con la mejor condición como fueron Cuevones, Piedra Corrida y Boca Nueva. Estos son arrecifes rocosos con una gran proporción de sustrato calcáreo desnudo y coberturas bajas de coral blando, pero con la mayor biodiversidad de organismos, ya que presentaron las riquezas y biomasas más altas de peces, y las mayores abundancias de invertebrados clave.

Los trabajos de campo realizados por los pescadores capacitados en las diversas técnicas de monitoreo de arrecifes coralinos proporcionaron información científica de excelente calidad, lo que permitió concluir que la condición actual de los hábitats críticos es favorable considerando las características naturales y oceanográficas que presentan (para mayor detalle de los resultados del estudio ver WWF/Biosfera, 2006).



ANEXO 4

Procedimientos Estadísticos para el Análisis de la Información de Peces y Arrecifes

Estos procedimientos se mencionan en el capítulo 3 de este manual y aquí se describen de forma detallada.

1. Abundancia
La abundancia de cada especie de peces se expresa como densidad, que se calcula dividiendo el número total de individuos de una especie entre el número total de metros cuadrados muestreados por transecto (100 m^2). Esto genera como unidad estándar el número de individuos/metro cuadrado.

2. Biomasa
Por otro lado se estima la biomasa de cada especie, que es un atributo importante de las poblaciones y una característica de la estructura trófica y de la capacidad de producción de los ecosistemas. La biomasa de peces se calcula usando la siguiente ecuación (Marks y Klomp 2003):

$$B = aL^b \quad (3)$$

donde B es la biomasa en gramos, a y b son las constantes de la relación longitud-peso que se pueden obtener en Bohnsack y Harper (1988), Claro y García-Arteaga (1994), Marks y Klomp (2003), y por internet en la pagina del proyecto FishBase (http://www.fishbase.org, Pauly y Frozen 2005); cuando no sea posible encontrar las constantes de las especies, se pueden usar las constantes de alguna especie que sea similar en forma y talla y, de preferencia que pertenezca al mismo género o familia taxonómica. L es la longitud de la talla promedio ponderada, estimada por la siguiente ecuación:

$$L = \left(\sum_{i=1}^{n} A_i T_i \right) / \left(\sum_{i=1}^{n} A_i \right) \quad (4)$$

donde L es la longitud de la talla promedio ponderada, A es la densidad de peces por cada intervalo de clase, y T_i es la talla promedio de cada de intervalo de clase.

Una vez obtenida la biomasa ponderada por individuo en gramos, ésta se multiplica por la abundancia total de individuos para estimar la biomasa total o bruta por transecto, para después dividirla entre el número de metros cuadrados muestreados por transecto (100 m2) y expresarla en gramos por metro cuadrado. Esto se hace para cada especie censada. Con esta información se llenan los formatos electrónicos anexos en disco compacto, donde se estiman la

densidad y biomasa automáticamente, al nivel de especies por transecto, sitio y hábitat crítico (procedimientos estadísticos de la hoja automática anexa en CD).

Por otro lado, se estima la biomasa de las especies explotadas por las pesquerías, para poder calcular un índice de la proporción de la biomasa potencial en los hábitats críticos:

$$B_{pe} = \frac{B_{Tec}}{B_{THC}} \quad (5)$$

donde B_{pe} es la biomasa potencialmente explotable, B_{Tec} es la biomasa total de las especies comerciales, B_{THC} es la biomasa total del hábitat crítico.

3. Relación densidad-biomasa

Para comparar la densidad y biomasa de peces entre hábitats críticos se emplea una estadística unidimensional. Con es fin se propone utilizar análisis de varianza (ANOVA) de una vía, siempre y cuando se cumpla con los supuestos estadísticos: (i) ausencia de datos con valores extremos; (ii) ajuste de los datos a una distribución Gaussina; y (iii) tener homocelasticidad de varianzas. Si esto no se cumple, se propone utilizar pruebas no paramétricas por rangos para más de tres muestras de Kruskal Wallis. Las comparaciones a posteriori, dependiendo del caso, podrán ser las pruebas de Tukey paramétrico o no paramétrico (Zar, 1998).

4. Riqueza específica y diversidad de peces

La riqueza específica (S o número total de especies) de los HC se compara mediante procedimientos de rarefacción basados en una muestra estandarizada de individuos. Para esta última se sugiere tomar el hábitat crítico con el menor número de individuos y usar el programa Primer V5+ (Clarke y Gorley, 2001).

La diversidad ecológica de los HC se estima con el índice de diversidad Shannon y Wiener (*H´*). Para esto se debe juntar la información de la abundancia (número total de individuos) de cada especie de todos los transectos dentro de un hábitat crítico. El índice se estima con la ecuación modificada por Zar (1998):

$$H' = \frac{n \log n - \sum_{i=1}^{k} fi \log fi}{n} \quad (6)$$

donde *H´* es el índice de diversidad de Shannon y Wiener, *k* es el número de especies, *n* es el tamaño de la muestra o el número total de individuos de todas las especies, y *fi* es el número de individuos por especie *i*.

El índice *H´* se compara entre todos los HC por medio de la prueba *t* de Hutchenson, donde la hipótesis nula es que los dos HC presentan una diversidad igual. Este estadístico se estima de la siguiente manera (Zar, 1998):

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{S_{H'_1 - H'_2}} \quad (7)$$

donde *t* es el estadístico *t* de Hutchenson, *H´* = índice de diversidad de Shannon-Wiener (decits), y $S_{H'_1 - H'_2}$ se calcula como:

$$S_{H'_1 - H'_2} = \sqrt{S^2_{H'_1} + S^2_{H'_2}} \quad (8)$$

La varianza de cada *H´* puede ser estimada como:

$$S^2_{H'} = \frac{[(\sum fi \log fi) - (\sum fi \log fi)^2 / n]}{n^2} \quad (9)$$

donde $S^2_{H'}$ es la varianza de *H'*, *fi* es el número de individuos por especie *i*, y *n* es el tamaño de la muestra o el número total de individuos de todas las especies. Los grados de libertad asociados a la *t* de Hutchenson (v) son estimados como:

$$v = \frac{(S^2_{H'_1} + S^2_{H'_2})^2}{\frac{(S^2_{H'_1})^2}{n_1} + \frac{(S^2_{H'_2})^2}{n_2}} \quad (10)$$

donde *v* = grados de libertad. Los datos de la *t* calculada se pueden comparar con valores de una *t* de tablas (Tabla 3, al final de este Anexo). Para esto se busca el valor de *t* con base en una alfa con dos colas (∂[2]) y los grados de libertad. El valor de la *t* de tablas puede tomar un signo positivo o negativo, y es comparado con el valor de la *t* calculada. Se debe tomar en cuenta el signo (positivo o negativo) de la *t* calculada para rechazar o aceptar la hipótesis nula, debido a que es una prueba de dos colas. Para el rechazo se considera lo siguiente: (i) si el valor de la *t* de tablas es negativo, el valor calculado debe de ser menor, (ii) si es positivo el valor debe de ser mayor. De presentarse estas discrepancias, entonces podemos concluir que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de la diversidad de los HC bajo estudio. Para aplicar la prueba *t* de Hutchenson puede utilizar una hoja de Excel anexa en el disco compacto a este manual).

Por otra parte se propone evaluar la diversidad taxonómica con el índice de distinción taxonómica promedio (Δ^+) que toma en cuenta la jerarquía taxonómica (géneros, familias, etc.) de dos especies consideradas al azar. Su ecuación es:

$$\Delta^+ = \frac{\sum \sum_{i<j} W_{ij}}{S(S-1) / 2} \quad (11)$$

donde Δ^+ es distinción taxonómica promedio, *S* es el número de especies presentes, y para la doble sumatoria se emplean los rangos de *i* y *j* sobre *S*. W_{ij} es la ponderación de las correspondientes jerarquías taxonómicas, esto es: $W_1 = 1$ para las especies dentro de un mismo género, $W_2 = 2$ para las especies dentro de una misma familia pero en distintos géneros, y $W_3 = 3$ para las especies dentro de una mismo orden pero en distintas familias, hasta $W_6 = 6$ para las especies en diferentes phylum.

5. Estructura Trófica

Para evaluar la condición de los hábitats o el impacto de las pesquerías se recomienda agregar las especies en gremios tróficos como piscívoros, carnívoros, zooplanctófagos, omnívoros y herbívoros-detritívoros. Los gremios se definen con base en los criterios de los consumos alimenticios propuestos por Randall (1967), Sierra et al. (1994), y reportados en FishBase (http://www.fishbase.org). Los gremios por Randall son:

- Peces que se alimentan de plantas y detritus (herbívoros)
- Peces que se alimentan de organismos del plancton (zooplanctófagos)
- Peces que se alimentan de invertebrados sésiles (esponjas, erizos, corales)
- Peces que se alimentan de invertebrados móviles o con concha (gasterópodos, bivalvos, camarones, isópodos, moluscos de pequeña talla y carnívoros especializados)
- Peces que se alimentan de animales bentónicos móviles como gusanos, pulpos, cangrejos y en ocasiones de peces pequeños (carnívoros generalizados)
- Peces que se alimentan de ectoparásitos (parasitófagos)
- Peces que se alimentan de otros peces y en ocasiones de cefalópodos (piscívoros)

6. Ensambles de peces

Se recomienda utilizar los estadísticos y procedimientos incluidos en el programa Primer V5+ (Plymouth Lab., Clarke y Warwich, 1994; Clarke y Gorley, 2001) para comparar y correlacionar las variables biológicas (peces) y ambientales e identificar los hábitats críticos.

Los ensambles de peces se comparan entre los HC mediante un análisis de similitudes (ANOSIM) de una vía, utilizando como réplicas la información de los transectos lineales, dentro de factores que corresponden a cada uno de los HC. En estas réplicas la abundancia es representada como densidad y/o biomasa. Posteriormente se aplica una transformación raíz cuarta o log(x + 1) para dar el mismo peso a todas las especies, y reducir el efecto de las especies de abundancia baja sobre la estimación del índice Bray-Curtis, con el cual se genera una matriz de similitud que será sometida al ANOSIM (Clarke y Warwich, 1994). El índice de similitud de Bray Curtis se expresa de la siguiente manera:

$$S_{jk} = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{p} \left| Y_{ij} - Y_{ik} \right|}{\sum_{i=1}^{p} (Y_{ij} - Y_{ik})} \right) \quad (12)$$

donde Y_{ij} representa la densidad o biomasa de la especie *i* en la muestra *j* (i = 1, 2, ..., p; j = 1, 2, ..., n), Y_{ik} es la densidad o biomasa de la especie *i* en la muestra, *k*. /..../ representa el valor absoluto de la diferencia $Y_{ij} - Y_{ik}$. Los valores extremos son entre 0 y 100, donde cero indica que no existe similitud, y 100 representa una similitud total o que las variables son iguales.

El algoritmo del ANOSIM se describe a continuación:

$$R = (\bar{r}_B - \bar{r}_W) / (M/2) \quad (13)$$

donde r_W es el promedio de todas las similitudes de rangos entre réplicas dentro de sitios, r_B es el promedio de las similitudes de rangos que incrementan desde todos los pares de réplicas entre sitios diferentes, $M = n(n-1)/2$, y n es número total de muestras bajo consideración. El rango de R es de –1 hasta 1. Un valor cercano a cero significa que la hipótesis nula es verdadera, y la similitud entre sitios y dentro de los mismos será la misma en promedio. Por lo general R tiene valores entre 0 y 1, que indica que un valor más cercano a uno determina un mayor grado de discriminación entre sitios. Cuando R posee valores negativos altos indica que los ensambles ecológicos se encuentran distribuidos en parches y sus réplicas varían considerablemente, o que el diseño del muestreo no es el adecuado (Clarke 1993; Chapman y Underwood, 1999). ANOSIM es una prueba estadística multidimensional que por medio de permutaciones Monte-Carlo puede aceptar o rechazar hipótesis nulas con base en una probabilidad estimada (valores p). La prueba se hace más robusta en cuanto más permutaciones existan, por lo que se requiere de por lo menos 35 permutaciones para obtener un nivel de prueba de 5.0% (alfa = 0.05).

Para identificar las especies que contribuyen en mayor grado a la similitud promedio de los ensambles de peces dentro de cada hábitat crítico, se usa un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Clarke y Warwich, 1994). Con estos resultados se evalúa cuáles especies comerciales se encuentran dentro de las especies que determinan el 90% de la similitud dentro de los hábitats críticos.

Se sugiere utilizar procedimientos BIOENV (Clarke y Warwich, 1994) para identificar correlaciones entre el ensamble de peces y coberturas de grupos bentónicos y complejidad topográfica. Este procedimiento estadístico multivariado no paramétrico genera correlaciones por rangos de Spearman (normales o ponderadas) y/o Kendall entre matrices de similitud de muestras biológicas y conjuntos de variables ambientales (explicativas), donde se puede identificar cuál o qué conjunto de variables genera la mejor correlación con la estructura biológica de los HC. El rango de las correlaciones es entre -1 y 1, donde ambos valores extremos indican o una oposición completa (relación inversa), o un completo acuerdo (relación positiva) entre variables biológicas y ambientales. Los valores cercanos a cero corresponden a una ausencia de correlación entre los conjuntos de variables biológicas y ambientales (Clarke y Warwich, 1994).

7. Determinación de hábitats críticos (HC)

El análisis de las variables de la Tabla 1 de la Sección 3.2, se realiza en un programa automatizado que aplica la ordenación-escalonamiento multidimensional no métrico (MDS) y el análisis de conglomerados (AC) basados en una misma matriz de similitud de Bray-Curtis al nivel de arrecife. Se usa una transformación de los datos a valores de una distribución Z antes de la estimación de las matrices de similitud, con la finalidad de estandarizar las unidades de las variables. Se utiliza el índice Bray-Curtis o la distancia euclidiana, según el comportamiento de los datos. Para el análisis de conglomerados se usa el método de encadenamiento promedio. Los resultados del análisis de conglomerados determinan los grupos en los gráficos (ordenaciones) del MDS (Clarke y Warwich, 1994).

Tabla 3. Valores Críticos de la Distribución t (Zar, 1996).

v	α (2):	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
	α (1):	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
1		1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.321	318.309	636.619
2		0.816	1.666	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.599
3		0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4		0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5		0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.859
6		0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7		0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8		0.706	1.397	1.850	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9		0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10		0.700	1.372	1.812	2.228	2.754	3.169	3.581	4.144	4.587
11		0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12		0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13		0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14		0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15		0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16		0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17		0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18		0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19		0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20		0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21		0.685	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.829
22		0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23		0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.758
24		0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25		0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725

Tabla 3 (continua). Valores Críticos de la Distribución t (Zar, 1996)

v	α (2):	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
	α (1):	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
26		0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27		0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28		0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29		0.683	1.311	1.698	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30		0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
31		0.682	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.022	3.375	3.633
32		0.682	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.015	3.365	3.622
33		0.682	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.008	3.356	3.611
34		0.682	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.002	3.348	3.601
35		0.682	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	2.996	3.340	3.591
36		0.681	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	2.990	3.333	3.582
37		0.681	1.305	1.687	2.025	2.431	2.715	2.985	3.326	3.574
38		0.681	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	2.980	3.319	3.566
39		0.681	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	2.976	3.313	3.558
40		0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
41		0.681	1.303	1.683	2.020	2.421	2.702	2.967	3.301	3.544
42		0.680	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	2.963	3.296	3.538
43		0.680	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	2.959	3.291	3.532
44		0.680	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	2.956	3.286	3.526
45		0.680	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	2.952	3.281	3.520
46		0.680	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	2.949	3.277	3.515
47		0.680	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	2.946	3.273	3.510
48		0.680	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	2.943	3.269	3.505
49		0.680	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	2.940	3.265	3.500
50		0.679	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496

Tabla 3 (continua). Valores Críticos de la Distribución t (Zar, 1996)

v	α (2):	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
	α (1):	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
52		0.679	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674	2.932	3.255	3.488
54		0.679	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670	2.927	3.248	3.480
56		0.679	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667	2.923	3.242	3.473
58		0.679	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663	2.918	3.237	3.466
60		0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	2.232	3.460
62		0.678	1.295	1.670	1.999	2.388	2.657	2.911	3.227	3.454
64		0.678	1.295	1.669	1.998	2.386	2.653	2.908	3.223	3.449
66		0.678	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	2.904	3.218	3.444
68		0.678	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	2.902	3.214	3.439
70		0.678	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	2.899	3.211	3.435
72		0.678	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	2.896	3.207	3.431
74		0.678	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	2.894	3.204	3.427
76		0.678	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	2.891	3.201	3.423
78		0.678	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	2.889	3.198	3.420
80		0.678	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
82		0.677	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	2.885	3.193	3.413
84		0.677	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	2.883	3.190	3.410
80		0.677	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	2.881	3.188	3.407
88		0.677	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	2.880	3.185	3.405
90		0.677	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	2.878	3.183	3.402
92		0.677	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	2.876	3.181	3.399
94		0.677	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	2.875	3.179	3.397
96		0.677	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	2.873	3.177	3.395
98		0.677	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	2.872	3.175	3.393
100		0.677	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
105		0.677	1.290	1.659	1.983	2.362	2.623	2.868	3.170	3.386
110		0.677	1.289	1.659	1.982	2.361	2.621	2.865	3.166	3.381

Tabla 3 (continua). Valores Críticos de la Distribución t (Zar, 1996)

v	α (2):	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
	α (1):	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
115		0.677	1.289	1.658	1.981	2.359	2.619	2.862	3.163	3.377
120		0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
125		0.676	1.288	1.657	1.979	2.357	2.616	2.858	3.157	3.370
130		0.676	1.288	1.657	1.978	2.355	2.614	2.856	3.154	3.367
135		0.676	12.88	1.656	1.978	2.354	2.613	2.854	3.152	3.364
140		0.676	12.88	1.656	1.977	2.353	2.611	2.852	3.149	3.361
145		0.676	1.287	1.655	1.976	2.352	2.610	2.851	3.147	3.359
150		0.676	1.287	1.655	1.976	2.351	2.609	2.849	3.145	3.357
160		0.676	1.287	1.654	1.975	2.350	2.607	2.846	3.142	3.352
170		0.676	1.287	1.654	1.974	2.348	2.605	2.844	3.139	3.349
180		0.676	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	2.842	3.136	3.345
190		0.676	1.286	1.653	1.973	2.346	2.602	2.840	3.134	3.342
200		0.676	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	2.839	3.131	3.340
250		0.675	1.285	1.651	1.969	2.341	2.596	2.832	3.123	3.330
300		0.675	1.284	1.650	1.968	2.339	2.592	2.828	3.118	3.323
350		0.675	1.284	1.649	1.967	2.337	2.590	2.825	3.114	3.319
400		0.675	1.284	1.649	1.966	2.336	2.588	2.823	3.111	3.315
450		0.675	1.283	1.648	1.965	2.335	2.587	2.821	3.108	3.312
500		0.675	1.283	1.648	1.965	2.334	2.586	2.820	3.107	3.310
600		0.675	1.283	1.647	1.964	2.333	2.584	2.817	3.104	3.307
700		0.675	1.283	1.647	1.963	2.332	2.583	2.816	3.102	3.304
800		0.675	1.283	1.647	1.963	2.331	2.582	2.815	3.100	3.303
900		0.675	1.282	1.647	1.963	2.330	2.581	2.814	3.099	3.301
1000		0.675	1.282	1.646	1.962	2.330	2.518	2.813	3.098	3.300
∞		0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758	2.8070	3.0902	3.2905

ANEXO 5

Arrecife Mesoamericano: Áreas Marinas Protegidas con Intensa Actividad Pesquera





Talleres de "Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas"

Procedimientos Estadísticos para el Análisis de la Información de Peces y Arrecifes

El contenido de este libro fue presentado y discutido en dos talleres: 1) "Manejo de Pesquerías Basado en el Ecosistema", celebrado en La Ceiba, Honduras, el 4 y 5 de abril de 2006; y 2) "Evaluación del Impacto del huracán Wilma sobre los recursos pesqueros en las comunidades de Holbox y Chiquilá", celebrado en Cancún, Quintana Roo, el 13 y 14 de febrero de 2006, con los siguientes participantes:

Nombre	Organización	País
Lisa Agudelo	ICRAN	Belice
Alfredo Arellano	CONANP	México
Bessy Aspra	PREPAC/OSPESCA	Honduras
Jean-Luc Betoulle	FUNDARY	Guatemala
Juan Diego Cálix	Pescador Cayos Cochinos	Honduras
Olvin Calletano	Pescador Cuero y Salado	Honduras
Tomás Camarena	Proyecto Sistema Arrecifal Mesoamericano	Belice
Justo Cárcamo	FUCSA	Honduras
Juan Carlos Carrasco	REHDES	Honduras
Vilma Castañeda	DIGEPESCA	Honduras
Adoni Cubas	HCRF	Honduras
Manuel Escamilla	Cooperativa Vanguardia del Mar	México
Cynthia Flores	WWF	Costa Rica
Martín Galo	DIGEPESCA	Honduras
Blanca Rosa García	FUNDARY	Guatemala

María del Carmen García	Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro	México
Manuel Ixquiac	UNIPESCA	Guatemala
Julio Lee	Red de Pescadores	Guatemala
Jaime Medina	Federación de Cooperativas de Quintana Roo	México
Juan Antonio Medina	Red de Pescadores	Guatemala
Marcia Mejía	WWF	Honduras
Angélica Méndez	Red de Pescadores	Guatemala
Jorge Alberto Mendoza	FUCSA	Honduras
Sergio Midence	REHDES / Comisión UICN	Honduras
Lourdes Moncada	FIINPESCA / FAO	Región CA
Gabriela Nava	Reef Check-Cozumel	México
José Luis Noh	Cooperativa Chinchorro	México
Adrián Oviedo	HCRF	Honduras
Sergio Pacheco	WWF	Costa Rica
Juan Pérez	Área Protegida Yumbalam	México
Francisco Remolina	Área de Protección de Flora y Fauna Yumbalam	México
Hortensia Reyes	Red de Pescadores	Guatemala
Alejandro Rodríguez	WWF	México
Andrea Sáenz-Arroyo	COBI	México
Margarita Salazar	FIINPESCA / FAO	Región CA
Paul Sánchez Navarro	Centro Ecológico Akumal	México
Ricardo Steiner	REHDES	Honduras
Yessenia Trigueros	FUNDARY	Guatemala
Juan Carlos Villagrán	TNC	Guatemala



Bibliografía

Almada-Villela, P.C., P.F. Sale, G. Gold-Bouchot y B. Kjerfve. 2003. **Selected Methods for Monitoring Physical and Biological Parameters for Use in the Mesoamerican Region.** MBRS Project.

Basurto M. y Villanueva J. 1996. **Los Peces Comerciales de Sian Ka´an**. Serie de Cuadernos de Sian Ka'an. Impresos Marca. Mérida, Yucatán. 52 pp.

Bryant D., L. Burke, J. McManus y M. Spalding. 1998. **Reefs at risk. A map-based indicator of threats to the world's coral reefs.** World Resources Institute.

Burke L. y J. Maidens. 2004. **Reefs at risk in the Caribbean.** World Resources Institute. Washington D. C.

Chiappone M. 2001. **Fisheries investigations and management implications in marine protected areas of the Caribbean. A case study of Parque Nacional del Este, Dominican Republic.** The Nature Conservancy.

Clarke K.R. y Warwick R.M. 1994. **Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.** Bourne Press Ltd, Plymouth. UK.

Clarke, K.R. and y R. N. Gorley. 2001. **Primer V5: User Manual / Tutorial**, (Primer-E Ltd. Plymouth).

Claro R. y García-Arteaga J.P. 1994. **Ecología de los peces marinos de Cuba.** Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba y Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) México.

Escobar, J. J. 2001. **El aporte del enfoque ecosistémico a la sostenibilidad pesquera**. CEPAL-Naciones Unidas. Serie Recursos Naturales e Infraestructura, No. 39.

Frozen y Pauly D. Editors. 2006. **FishBase**. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org

Gardner, T.A., I. M. Coˆte´, J. A. Gill, A. Grant y A. R. Watkinson. 2003. **Long-term region-wide declines in Caribbean corals.** Science, Vol. 301, pp 958-960.

Goodson G. 1988. **Fish of the Pacific Coast**. Stanford University Press. California, USA. 267 pp.

Greenberg I. 1986. **Guide to Corals and Fish of Florida, the Bahamas and the Caribbean**. Seahawk Press. Miami, Florida. 64 pp.

Humann P. y Deloach N. 1994. **Reef Fish in a Pocket**. Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications, Inc. Florida USA. 23 pp.

Humman P. y DeLoach N. 2003a. **Reef coral identification: Florida, Caribbean, Bahamas**. Second Edition. New World Publication, Inc., FL. USA.

Humman P. y DeLoach N. 2003b. **Reef creature identification: Florida, Caribbean, Bahamas.** Second Edition. New World Publication, Inc., FL. USA.

Jordán-Dahlgren, E. 1993. **Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano**. Parte 1. El Sistema Continental. ICMI, UNAM.

Kramer, P. A. y Kramer P. R. 2002. **Ecoregional conservation planning for the Mesoamerican Caribbean Reef.** (ed. M. McField). Washington D. C., World Wildlife Fund (WWF).

Marks K.W. y Klomp K.D. 2003. **Fish biomass conversion equations.** Atoll Research Bulletin, 496:625-628.

Pikitch, E. K., C. Santora, E. A. Babcock, A. Bakun, R. Bonfil, D. O. Conover, P. Dayton, P. Doukakis, D. Fluharty, B. Heneman, E. D. Houde, J. Link, P. A. Livingston, M. Mangel, M. K. McAllister, J. Pope y K. J. Sainsbury. 2004. **Ecosystem-Based Fishery Management.** Science, Vol. 305, pp 346-347.

Zar J.H. (1996). **Biostatistical Analysis**. Third Edition. Prentice Hall. NW, USA.

Sitios de Internet consultados

FishBase 2004. A Global Information System on Fishes
http://www.fishbase.org/home.htm

Florida State University. Office of Research
http://www.research.fsu.edu/

FishingDestinFlorida.com
http://www.fishingdestinflorida.com/

Animal Diversity Web. University of Michigan. Museum of Zoology
http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/index.html

Ichthyology at the Florida Museum of Natural History
http://www.flmnh.ufl.edu/fish/

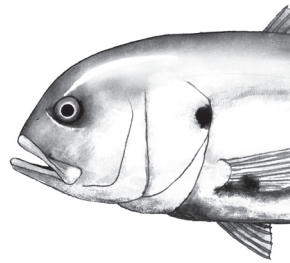
2004. Smithsonian Marine Station at Fort Pierce
http://www.sms.si.edu/irlspec/index.htm

NOAA Photo Library. National Marine Fisheries. Historic Image Collection
http://www.photolib.noaa.gov/historic/nmfs/index.html

Florida Fish and Wildlife Conservation Commission
http://www.floridamarine.org/

Guide de Ressources Halieutiques du Senegal et de la Gambie
http://www.fao.org/docrep/T0047F/t0047f00.htm#Contents

Catálogo Electrónico para la Identificación Taxonómica y Bioquímica de los Peces del Golfo de California. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)
http://www.ciad.mx/catalogo/



¿Qué contiene este CD?

- Versión electrónica de este libro
- Archivos en Excel para datos ecológicos: (i) datos de censo de peces y cálculo de Abundancia, Densidad y Biomasa; (ii) datos de cobertura por grupos morfológicos; y (iii) cálculo automático de índice de diversidad

Para mayores informes

En Quintana Roo
WWF-México
Calle Zacnicté "A"
SM 50 MZ 88 Lote 21
Fraccionamiento San José
Bonampak
Cancún, 77538, México
Tel. (998) 848 1789
www.wwf.org.mx

En Centroamérica
WWF-Centroamérica
Apartado Postal: 629-2350
San Francisco de Dos Ríos,
San José, Costa Rica
Tel. (506) 234 8434
Fax. (506) 253 4927
www.wwfca.org

Edición
Álvaro Hernández
Jatziri Pérez Ojeda

Ilustraciones
Roberto Arreola

Diseño
www.panintegral.com

© WWF 2006

Durante varios años, ha sido difícil medir el impacto de las pesquerías en el sistema arrecifal coralino más grande del Atlántico, el Arrecife Mesoamericano. Los métodos estadísticos tradicionales únicamente permiten manejar un sólo stock a la vez, cuando en el Arrecife se explotan más de 100 especies marinas. Para encontrar una solución integral al problema de la sobrepesca, WWF propone aplicar el Manejo Pesquero con Enfoque de Ecosistemas, desarrollando una metodología para la colecta de información con la participación de los principales actores: los pescadores.

