

INFORME FINAL

**EVALUACIÓN ECOLÓGICA RÁPIDA DE LOS
AMBIENTES ARRECIFALES DE LAS ISLAS
MURCIÉLAGO Y ALREDEDORES, ÁREA DE
CONSERVACIÓN GUANACASTE, CON ESPECIAL
ÉNFASIS EN PEPINOS DE MAR**





INFORME FINAL

EVALUACIÓN ECOLÓGICA RÁPIDA DE LOS AMBIENTES ARRECIFALES DE LAS ISLAS MURCIÉLAGO Y ALREDEDORES, ÁREA DE CONSERVACIÓN GUANACASTE, CON ESPECIAL ÉNFASIS EN PEPINOS DE MAR

1

Jorge Cortés Núñez, Juan José Alvarado, Andrés Beita Jiménez, Sebastián Mena González

Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR)
Universidad de Costa Rica

JULIO 2014



INTRODUCCIÓN

Los pepinos de mar (clase Holothuroidea) son invertebrados exclusivamente marinos pertenecientes al grupo de los equinodermos (Filo Echinodermata) (erizos de mar, estrellas de mar, lirios de mar entre otros). A nivel mundial existen aproximadamente 1400 especies de pepinos de mar (Pawson 2007), de los cuales en la actualidad 66 especies están siendo explotadas (Torral-Granda et al. 2008, Purcell et al. 2012, 2013). Costa Rica posee un total de 80 especies, lo que representa un 5.7% de la diversidad mundial del grupo. A nivel nacional, la costa Pacífica es la más diversa con 28 especies, seguida por la Isla del Coco (26 especies) y por último la costa Caribe con tan solo 4 especies (Alvarado et al. 2013).

Los pepinos de mar son organismos bentónicos, móviles, que consumen sedimentos y partículas en suspensión. A través de esta actividad alimenticia los pepinos de mar procesan el sedimento en el fondo marino, con una eficiencia muy alta, que produce que este al ser defecado sea rico en materia orgánica, la cual es utilizada por otros organismos para su alimentación (Birkeland 1989). En este sentido, se podría decir que los pepinos de mar son recicladores de sedimentos y nutrientes (Uthicke 2001), enriqueciéndolo con su actividad alimenticia y poniendo a la disposición de otros organismos. A su vez, a través de su actividad alimenticia, se ha determinado que los carbonatos que consumen del sedimento son disueltos favoreciendo un incremento de la alcalinidad del agua marina. Este efecto de aumentar la alcalinidad sirve como amortiguador de los impactos de la acidificación de los océanos como producto del cambio climático, manteniendo las aguas arrecifales menos ácidas cuando las concentraciones de estos organismos son normales (Schneider et al. 2011).

Una de las mayores amenazas a estos organismos son la pesca ilegal y no controlada. La situación actual de los stocks de pepinos de mar es alarmante, un 20% de las pesquerías son consideradas en un estado de colapso, mientras que un 38% ya muestran indicios de sobre explotación. Solamente un 27 % de las poblaciones están subexplotadas o con una explotación moderada, pero suelen ser las poblaciones de ambientes profundos, zonas templadas o áreas donde existen prohibiciones de pesca o que la pesquería apenas está comenzando (Purcell et al. 2013).



En Costa Rica, esta actividad está prohibida dentro de las áreas silvestres protegidas, sin embargo de acuerdo a un decreto ejecutivo de MAG No. 23.138-MAG (La Gaceta No. 80, 27 abril 1994) autoriza la extracción de los pepinos de mar *Holothuria inornata* e *Isostichopus fuscus*. Este decreto permite el establecimiento de 10 licencias de pesca, para una captura de 1200 individuos de cada especie por pescador por mes en un área definida, en octubre y abril. Las áreas donde se extraen estos animales se encuentran todas en la provincia de Guanacaste: Bahía Salinas, Bahía Cuajiniquíl, Bahía Santa Elena, Bahía Culebra y Sámara (Bruckner 2006).

Es importante hacer notar, que para este decreto no hubo un estudio de base que estableciera las cuotas mencionadas, ni las épocas de captura. Además, no se contó con la información básica del estado poblacional de las especies, época reproductiva, talla reproductiva, su distribución y abundancia, poniendo en riesgo a las poblaciones que están siendo extraídas. Adicionalmente, el pepino *I. fuscus* se encuentran en la lista roja de la UICN como especie en peligro de extinción (<http://www.iucnredlist.org/details/180373/0>), debido a la intensa extracción que ha sufrido en el Pacífico Tropical de América. *Holothuria inornata* se cataloga como especie con información deficiente (<http://www.iucnredlist.org/details/200714/0>) para poder ubicarla en alguna categoría. Estas dos especies, son comunes en la costa Pacífica de Costa Rica, desde la zona intermareal hasta los 20 m de profundidad. Las densidades poblacionales de *I. fuscus* rondan cerca de los 300 individuos por ha en los Parques Nacionales Isla del Coco y Marino Ballena (Alvarado y Fernández 2005, Alvarado y Chiriboga 2008). Fuera de estas áreas protegidas sus densidades son muy bajas y están representadas por individuos pequeños o juveniles en su mayoría (J.J. Alvarado, datos sin publicar). Para el caso de *H. inornata*, no existe hasta la fecha un recuento de sus poblaciones en la costa Pacífica de Costa Rica; sin embargo, es una especie común de las zonas intermareales del Pacífico norte (Guanacaste) (J.J. Alvarado, datos sin publicar).

De acuerdo a Toral-Granda (2008), Hong Kong reporta para el periodo entre 1999 y 2004 una importación de pepinos de mar de Costa Rica de 1268 kg peso seco (1999: 108 kg; 2000: 664 kg; 2001: 325 kg; 2003: 7 kg; 2004: 164 kg). Sin embargo, en las autoridades de pesca de Costa Rica no hay registro de estas exportaciones (Alvarado et al. 2013). Toral-Granda (2008) indica que las especies que se encuentran bajo extracción en Costa Rica son *Holothuria inornata* e *Isostichopus fuscus*. Sin embargo, ella



menciona para Centro América otras especies de pepinos de mar que son extraídas (*Actinopyga agassizi*, *Holothuria mexicana*, *Holothuria atra*, *Holothuria arenicola* y *Stichopus horrens*), las cuales están presentes en Costa Rica, y pueden estar siendo blanco de pesquería ilegal. Además, estas especies puede que estén siendo confundidas con las dos primeras debido a la falta de conocimiento taxonómico por parte de las autoridades que reportan las extracciones. El conocimiento del estado poblacional actual de estas especies es escaso, mientras que el conocimiento de la biología de las mismas es nulo.

La vulnerabilidad de estas especies frente a una extracción incontrolada, se facilita debido al hecho de que las especies de interés comercial en su mayoría son tropicales, presentes en aguas someras (Purcell et al. 2013). Su extracción trae efectos deletéreos en los ecosistemas arrecifales donde viven, favoreciendo el incremento de algas y afecta a la infauna que vive en el fondo. De esta manera su extracción puede afectar la producción primaria del ecosistema, y puede causar un aumento en los potenciales de anoxia del fondo marino (ver referencias en Purcell et al. 2013). Por otro lado, la extarcción no controlada en zonas intermareales y submareales por buzos a pulmón, o por extracción en pozas intermareales, trae como efecto un disturbio del fondo marino, ya que al remover las rocas en busca de los pepinos, los extractores aplastan otros organismos, los exponen a desecación al no dejar las piedras en posición vital y perturban la forma natural del fondo marino (J.J. Alvarado, observación personal).

4

ANTECEDENTES

Las Islas Murciélago se ubican dentro del Parque Nacional Santa Rosa en el Área de Conservación Guanacaste (ACG). Estas islas son parte del Área Marina Protegida del ACG que cubre 43,000 hectáreas. Las islas son de origen volcánico y tienen ambientes marinos que han sido relativamente poco estudiados. La referencia científica más antigua de las Islas Murciélago es de una visita científica con fines de investigación marina en la Expedición de Templeton Crocker de la Academia de Ciencias de California (Crocker 1933). Otra expedición importante que pasó por las Islas Murciélago fue la Expedición Zaca al Pacífico Oriental de la Sociedad Zoológica de Nueva York (Beebe 1938). Durante estas expediciones se visitaron varios puntos en Costa Rica incluyendo las Islas Murciélago y se recolectaron muchos



organismos. Posteriormente se realizaron una serie de publicaciones en las que se describen principalmente moluscos, crustáceos y peces.

Desde mediados de la década de 1990 científicos del CIMAR han visitado las Islas Murciélagos y se han hecho algunas colectas y observaciones. Vargas & Cortés (1999, 2006) y Wehrtmann & Vargas (2003) informan de varias especies de decápodos, Suárez-Morales & Morales-Ramírez (2001) extienden el ámbito de distribución geográfica de una especie de copépodo, Valdés & Camacho-García (2004) informan de varias especies de gasterópodos, Petrescu et al. (2009) de varias especies de cumáceos, Foster et al. (2009) de anfípodos gamáridos, Heard et al. (2009) de tanaidáceos y Price et al. (2009) de misidáceos. Vargas (2000) describe una nueva especie de crustáceo asociada a corales negros, Petrescu & Heard (2004) describen especies de cumáceos y más recientemente, Hernández & Vargas (2013) describen una especie de calánido. Excoffon et al. (2009) redescubren una especie de anémona de mar que crece sobre corales negros, matándolos.

Los arrecifes fueron mencionados por primera vez por Cortés (1996-1997) y Jiménez et al. (2001), este último con respecto al impacto que tuvieron por el Fenómeno de El Niño de 1997-1998. Posteriormente, Cortés y Jiménez (2003) ampliaron las descripciones y finalmente, Basse-Fallas (2010) describe detalladamente los arrecifes de las Islas Murciélagos. Glynn (1999) describe una nueva especie de coral, con algunas muestras de las Islas Murciélagos. McCauley et al. (2008) estudiaron uno de los peces que se extraen para el comercio de ornamentales y encontraron que las poblaciones donde se extraen están siendo afectadas negativamente y sugieren algunas medidas para reducir ese impacto.

5

JUSTIFICACIÓN

Las Islas Murciélagos, en el Área de Conservación Guanacaste, son consideradas como una de las zonas arrecifales más importantes del país (Cortés 1996-1997, Cortés y Jiménez 2003, Cortés *et al.* 2010). Sin embargo, en los últimos tiempos se han visto afectadas por una serie de impactos tanto naturales como antropogénicos que pueden estar afectando su diversidad y estabilidad. Entre los naturales, podemos citar el fenómeno de El Niño y las mareas rojas, mientras que entre los antropogénicos se encuentra la pesca ilegal.



La extracción ilegal de pepinos de mar, es una actividad recurrente en la zona, la cual no solo afecta las poblaciones de estos organismos, sino que también el fondo marino, al ser destructiva en su búsqueda. Por lo tanto es necesario, evaluar el estado de los arrecifes coralinos de las islas, y de las poblaciones de organismos que en ellas viven, con el fin de establecer una evaluación de su estado de conservación.

OBJETIVOS

General:

Determinar el estado de conservación de los recursos marinos en los ecosistemas arrecifales de las islas Murciélagos, a través de una evaluación ecológica rápida, con énfasis en los pepinos de mar.

Objetivos Específicos:

1. Elaborada una línea base del estado de conservación de los arrecifes y comunidades coralinos de las islas Murciélagos con una metodología de monitoreo estándar.
2. Evaluar la diversidad, densidad y distribución de pepinos de mar.
3. Cuantificada la cobertura coralina del sustrato en las diferentes localidades, así como la diversidad y abundancia de macroinvertebrados móviles y peces arrecifales.
4. Realizada una comparación entre los valores obtenidos de la presente investigación línea base nueva con respecto a estudios previos (de existirlos) en las zonas de monitoreo seleccionados, obteniendo una comparación de cambio temporal en el estado de conservación de los arrecifes y comunidades coralinas estudiadas.
5. Identificadas posibles fuentes de presión responsables del cambio, positivo o negativo en los arrecifes coralinos.
6. Proponer medidas de manejo y conservación propuestas para los ecosistemas arrecifales estudiados.



METODOLOGÍA

El monitoreo de los bentos coralinos de las Islas Murciélagos consistió en utilizar una versión modificada de la metodología para evaluar los ecosistemas arrecifales del Corredor Marino de Conservación del Pacífico Oriental Tropical “Standardized Survey Procedures for Monitoring Reef Ecosystems” (<http://reeflifesurvey.com/files/2008/09/rls-reef-monitoring-procedures.pdf>). Se cuantificó la cobertura y diversidad del sustrato, y la diversidad y abundancia de macroinvertebrados móviles y peces arrecifales. A su vez, se cuantificó la complejidad estructural mediante la medición de la rugosidad del sustrato, variable muy relacionada con la diversidad, abundancia y estado de salud de los organismos presentes en los arrecifes.

Para estudiar la cobertura de coral vivo en los arrecifes y comunidades coralinas, se realizaron observaciones cuantitativas mediante transectos a una profundidad dependiendo de las condiciones del sitio. Los transectos eran de 50 m de largo medidos con una cinta métrica, paralelos a la costa y subdivididos cada 10 m. En los primeros, terceros y últimos 10 m se colocaba una cuadrícula de PVC de 1 m², subdividida en cuadrículas de 0.01 m² (Fig. 1). Se muestrearon diez cuadrantes a lo largo de cada sección del transecto, colocando la cuadrícula sucesivamente a lo largo de la cinta métrica sin dejar espacios entre ellas.

Para cada colonia o tipo de cobertura en la cuadrícula, se registró el taxón (a nivel de especie, cuando era posible), el área que ocupaba contando las celdas y fracciones de una celda. Las categorías de sustrato fueron: coral vivo, muerto, blanqueado, arena, macroalgas, tapete algal o “turf”, algas calcáreas costrosas, algas calcáreas erectas, esponja, ascidias, anémonas y otros.

En el caso de macroinvertebrados móviles se utilizó el mismo transecto de cobertura coralina (Fig. 2), solo que en este caso se muestrearon ambos lados del transecto hasta 1 m de distancia hacia ambos lados. Los macroinvertebrados se definen como animales de más de 2.5 cm en estado de madurez, e incluye gasterópodos grandes, pulpos, opistobranquios, pepinos de mar, estrellas de mar, erizos de mar, langostas y cangrejos grandes.



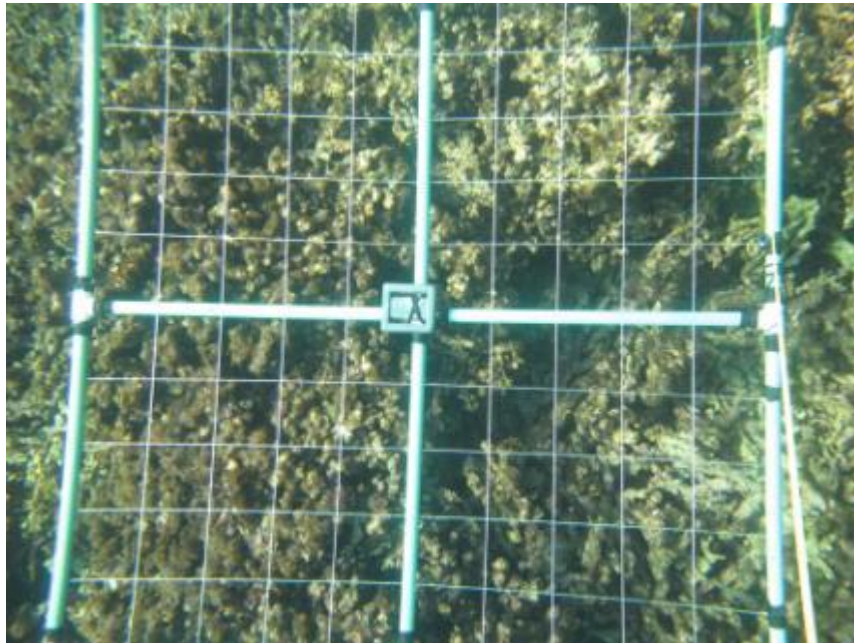


Figura 1. Monitoreo del fondo utilizando una cuadrícula de 1 m² dividida en celdas de 100 cm², Islas Murciélago, junio 2014.



Figura 2. Buzo realizando monitoreo de macroinvertebrados en las Islas Murciélago, junio 2014.



Para determinar la composición íctica en el arrecife, se utilizaron los mismos transectos para determinar cobertura coralina (Fig. 3). Los transectos fueron de 50 m de largo, y el buzo contó y estimó el tamaño de todos los peces que se encontraron dentro de un túnel imaginario de 5 m de alto por 5 m de ancho a lo largo de los 50 m. Se anotó la frecuencia y el tamaño de cada especie de pez. Cuando los peces estaban en cardúmenes, se estimó la abundancia contándolos en bloque y luego multiplicándolo por el número de bloques que se estimó componen el cardumen. Se estimó el tamaño de los peces visualmente utilizando las siguientes categorías de tamaño: <5 cm, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-300 cm. Una vez terminado el transecto, el buzo utilizó la técnica de buzo errante alrededor de la zona de conteo para cuantificar la riqueza de peces, con el fin de poder cuantificar aquellas especies de peces que no aparecieron en los transectos. En esta etapa, no se contó todos los individuos de cada especie, sino solamente se anotaron las especies presentes para tener una lista final.

Para determinar la rugosidad (R) del sustrato, se extendió una cadena de 10 m de largo con eslabones de 1 cm, siguiendo el contorno del fondo a lo largo de los transectos (Foto 4). Posteriormente, se midió la distancia total en línea recta del punto de inicio al punto final de la cadena. Este procedimiento se repitió tres veces por profundidad. Se calcula un Índice de Rugosidad (IR) de la siguiente manera:

$$IR = 1 - \frac{\text{longitud de la cadena sobre el sustrato}}{\text{longitud total de la cadena}}$$

De esta forma valores cercanos a 1 representan arrecifes planos, mientras que valores cercanos a 0 representan arrecifes rugosos o más complejos morfológicamente.





Figura 3. Buzo realizando monitoreo de peces en San Pedrito, Islas Murciélago, junio 2014.

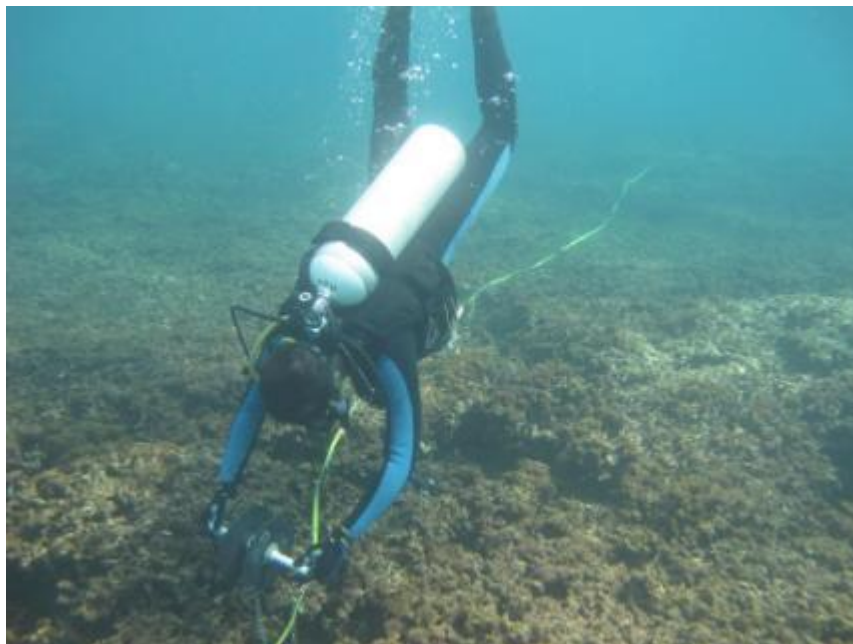


Figura 4. Buzo realizando monitoreo de rugosidad, con una cadena siguiendo el contorno del fondo en las Islas Murciélago, junio 2014.



MONITOREO DE PEPINOS DE MAR

Adicionalmente, se evaluó la presencia de pepinos de mar. El buzo que registró los macroinvertebrados realizó una inspección sobre el sustrato, entre grietas y levantando rocas. Los pepinos fueron identificados hasta el nivel taxonómico más cercano a especie posible. Los especímenes que no se lograron identificar fueron recolectados para su posterior identificación en el laboratorio.

SITIOS ESTUDIADOS

Se monitorearon nueve sitios en las Isla Murciélagos y se realizó un buceo profundo en San Pedrillos (Cuadro 1) (Fig. 5).

Cuadro 1. Sitios monitoreados alrededor de la Islas Murciélago, Junio 2014.

#	Fecha	Sitio	Latitud norte	Longitud oeste	Hábitat
1	18.VI.2014	Isla San Pedrito	10°51'21.07"N	85°57'4.24"O	Coral
2	18.VI.2014	Isla Catalina	10°51'21.65"N	85°55'47.35"O	Arena, roca, coral
3	18.VI.2014	Isla Las Golondrinas	10°51'24.90"N	85°56'29.10"O	Roca, coral
4	18.VI.2014	Bajo Pochote, Isla San José	10°51'26.70"N	85°55'15.84"O	Roca, arena, coral
5	19.VI.2014	Bajo La Vita	10°53'30.78"N	85°54'56.70"O	Roca
6	19.VI.2014	Isla Pelada	10°52'18.90"N	85°53'58.92"O	Roca, coral
7	19.VI.2014	El Refugio, Isla Cocinera 1	10°51'31.65"N	85°54'29.61"O	Coral, roca, arena
8	19.VI.2014	Detrás Isla Cocinera 2	10°51'33.24"N	85°54'1.80"O	Roca, coral
9	20.VI.2014	San Pedrillos	10°51'7.29"N	85°57'31.42"O	Roca
10	20.VI.2014	Bajo Negro	10°50'18.24"N	85°53'53.40"O	Roca





Figura 5. Sitios monitoreados alrededor de la Islas Murciélagos, Junio 2014.

RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS

San Pedrito: Fondo muy homogéneo compuesto principalmente de un basamento de corales del género *Pocillopora* muerto (Fig. 6). Las observaciones fueron realizadas a 4 m de profundidad.

Isla Catalina: Fondo heterogéneo, consistente de una plataforma de cascajo y arena hacia la parte profunda y un sustrato de bloques de roca basáltica hacia la parte más somera con algunas colonias de *Pavona gigantea*. El censo se realizó a 5 m de profundidad sobre la parte rocosa (Fig. 7)



Isla Las Golondrinas: Fondo heterogéneo de bloques de roca con colonias de *Pavona clavus* y *P. gigantea* (Fig. 8), rodeado de un fondo compuesto de arena y cascajo. Las observaciones se realizaron entre 4 y 5 m de profundidad.

Bajo Los Pochotes, Isla San José: Sitio compuesto de grandes bloques de roca, sobre un fondo arenoso y de cascajo. El censo se realizó a ~5.5 m de profundidad (Fig. 9).

Bajo La Vita: Este bajo estaba compuesto de un fondo de bloques de roca en algunas partes y una plataforma de roca de fondo en otras, con la peculiaridad de que la roca se encontraba desnuda o cubierta por algas calcáreas, salvo por los territorios de damiselas que mostraban una evidente cobertura de un tapete algal (Fig. 10).

Isla Pelada: El fondo en este sitio es diverso, con un sustrato de bloques de roca cubiertos por colonias de varias especies de coral, principalmente *P. clavus* y *P. gigantea*, tapetes de algas y macro algas. Los censos se realizaron entre 4 y 6 m de profundidad (Fig. 11)

El Refugio, Isla Cocinera 1: Este sitio es un pequeño arrecife formado por *Gardineroseris planulata* y algunas colonias de *P. clavus* (Fig. 12). El sitio también presenta pequeños bloques de roca y una plataforma de arena y cascajo o en el borde. En algunas partes, principalmente en las zonas arenosas, se observa una importante cobertura de *Caulerpa sertularioides*. Los censos se realizaron ~2 m de profundidad.

Isla Cocinera 2, parte de atrás: Sitio con bloques pequeños de roca en el principio de los transectos, una pared de roca con coral *P. gigantea* en la zona media y una mayor cobertura de *P. gigantea* hacia el final (Fig. 13). Los transectos se realizaron ~5 m de profundidad.



San Pedrillo: El sitio es principalmente rocoso con una cubierta de algas y octocorales (Fig. 14). En este lugar no se hizo censos.

Bajo Negro: El Sitio es un montículo de roca que comprende desde los 30 m hasta la superficie (Fig. 15). Por ser un sitio más abierto muestra una corriente fuerte y la presencia de especies de peces característicos de la columna de agua como jureles y atunes. Los censos se realizaron entre 7 y 9 m de profundidad.



Figura 6. Fondo característico en el sitio de San Pedrito.



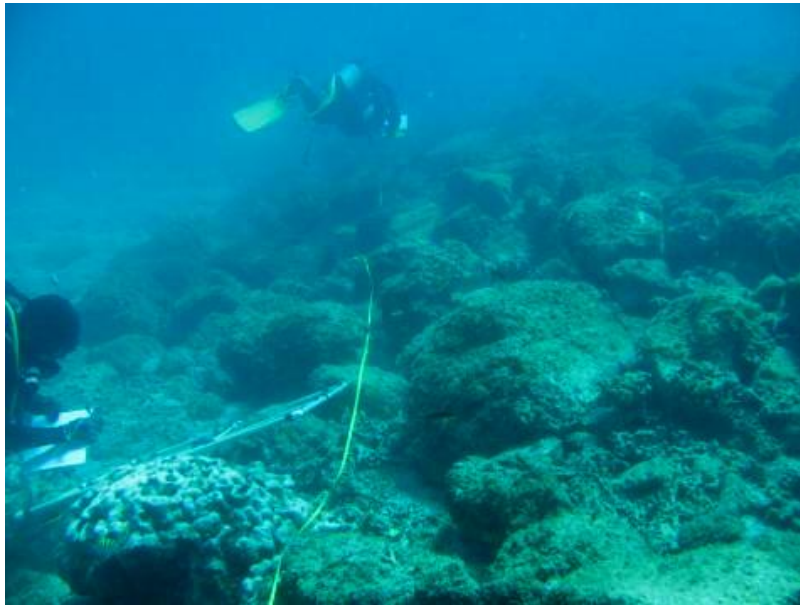


Figura 7. Buzos realizando monitoreo de peces y cobertura coralina sobre fondo rocoso en Isla Catalina.



Figura 8. Composición del fondo en Isla Golondrinas.





Figura 9. Fondo de bloques rocosos cerca de Playa Pochotes, Isla San José.



Figura 10. Fondo rocoso con parches de algas de damiselas en Bajo la Vita.





Figura 11. Fondo rocoso con corales en Isla Pelada.



Figura 12. Arrecife típico de *Gardineroseris planulata* en El Refugio, La Cocinera 1.



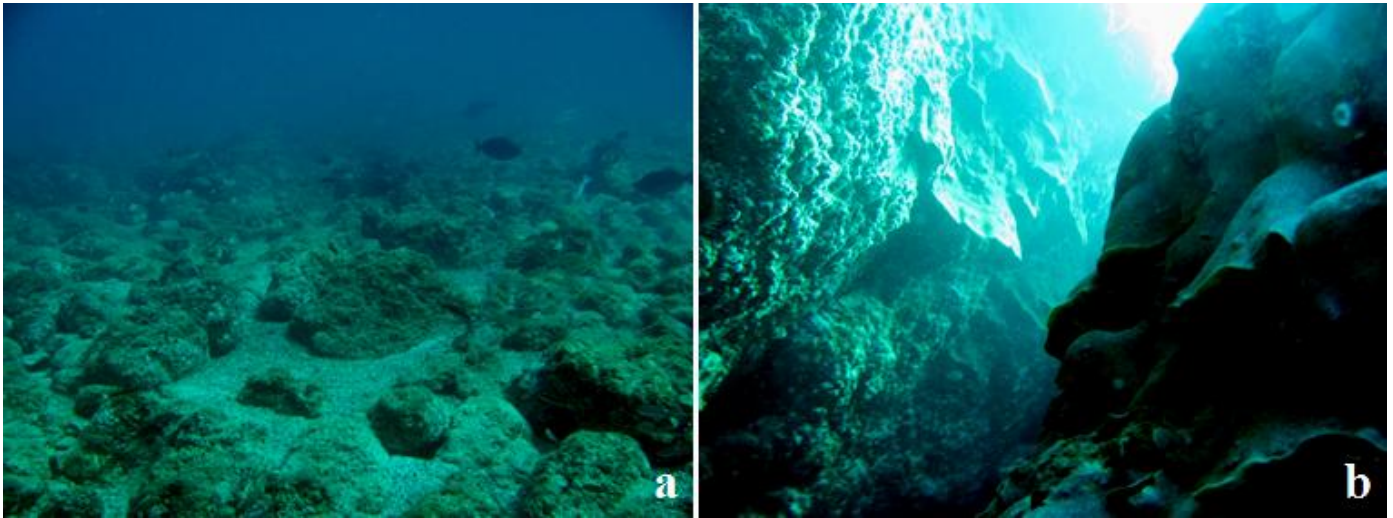


Figura 13. Fondo típico en La Cocinera 2, parte de atrás. a) Bloques de roca, b) pared de roca con coral.



Figura 14. Fondo rocoso típico de San Pedrillo a 20 m de profundidad.





Figura 15. Fondo de roca en Bajo Negro.

ANÁLISIS DEL FONDO

En promedio la mayor cobertura del fondo la poseen el tapete algal (turf) en las Islas Murciélagos, seguido las algas calcáreas costrosas (Cuadro 2). La cobertura de coral vivo es sumamente baja para el conjunto de las islas, y es evidente un gran deterioro en la composición del fondo. Se determinó una alta cobertura de coral muerto en varios sitios, lo que puede ser producto de varios factores, que son comunes a otras zonas del Pacífico Norte de Costa Rica (i.e. Bahía Culebra) (Alvarado et al. 2012). Esta baja cobertura es aún más evidente, para el sitio San Pedrito, quien a finales de la década de los años noventa poseía una alta cobertura de coral vivo, cercana al 80% (Fig. 16), y el tapete algal era nulo. Sin embargo, debido a la continua mortandad coralina, este otro sustrato ha aprovechado el espacio disponible, con posibles consecuencias en la composición de la fauna presente en los arrecifes.



Cuadro 2. Porcentaje (%) de cobertura promedio (desviación estándar) el fondo en los sitios evaluados en las Islas Murciélago, Junio 2014.

Sitio	Macroalga	Alga calcárea costrosa	turf	coral	coral muerto	esponja	Rocas	cascajo	arena	otro
Bajo La Vita	-	43.1±16.2	9.1±7.4	1.2±0.7	-	-	25.3±4.8	12.8±4.2	7.5±6.3	0.6±0.16
Bajo Negro	-	95.5±1.2	2.7±2.6	-	-	0.1±0.1	0.1±0.0	-	0.1±0.0	0.8±0.7
Bajo Pochotes	0.2±0.1	12.1±5.9	41.0±16.6	1.0±2.0	0.3±0.0	-	14.7±10.0	5.3±3.8	10.8±9.8	6.7±7.8
Isla Catalina	0.2±0.1	0.9±0.3	57.4±16.2	6.7±7.1	-	0.1±0.0	6.0±6.7	3.7±5.9	21.3±24.4	0.4±0.5
Isla Cocinera 1	-	1.9±1.4	65.6±9.0	4.3±4.5	-	-	0.2±0.0	11.5±7.7	8.5±6.5	0.1±0.0
Isla Cocinera 2	-	12.5±15.61	40.6±23.6	5.5±8.8	4.4±4.3	-	2.1±2.2	19.1±20.9	11.9±16.5	0.6±0.7
Isla Golonfrinas	-	0.5±0.5	56.6±21.5	4.6±7.7	8.3±11.1	-	1.6±2.4	1.9±1.8	26.2±7.1	-
Isla Pelada	-	1.9±2.5	64.1±19.9	2.7±1.7	1.7±0.0	-	0.5±0.4	14.3±13.8	6.2±9.6	-
Isla San Pedrito	-	18.0±3.1	57.5±10.3	-	24.5±7.26	-	-	-	-	-
Promedio	0.2±0.1	20.7±31.1	43.8±23.3	2.9±2.5	4.3±8.1	0.1±0.1	5.6±8.8	7.6±7	10.3±8.8	1.0±2.2

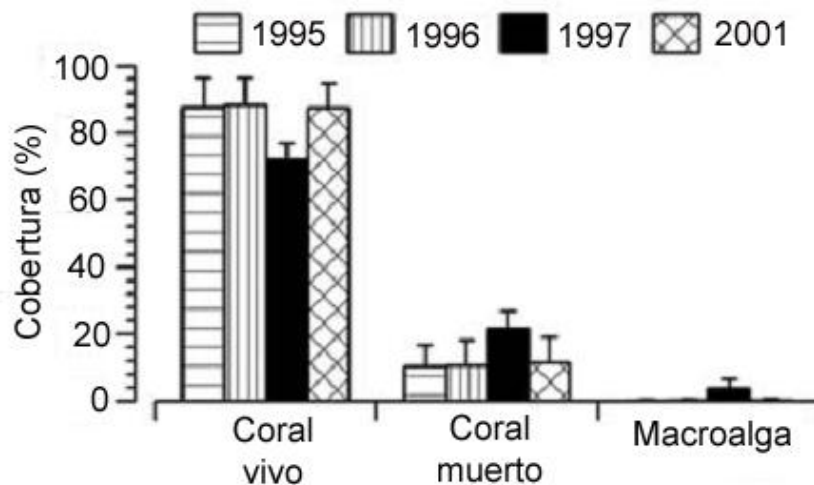


Figura 16. Cambio en la cobertura coralina a través del tiempo en el arrecife de San Pedrito, Islas Murciélago (modificado de Cortés et al. 2010).



ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS CON ÉNFASIS EN PEPINOS DE MAR

Dentro de los transectos se observaron 28 especies de macroinvertebrados, de los cuales 16 son equinodermos, 2 son crustáceos, y 10 son moluscos. El grupo que predominó fue el de los equinodermos, pero dentro de este, los erizos de mar fueron los organismos más abundantes (Cuadro 3). Las densidades del erizo de mar *Diadema mexicanum*, estuvieron entre 4 y 17 ind m⁻², sobrepasando por mucho lo que se considera como una densidad saludable de este erizo en un ambiente arrecifal (Alvarado et al. 2012), y por lo tanto causando posiblemente un fuerte impacto erosivo sobre la estructura carbonata de los arrecifes, y produciendo un intenso pastoreo sobre las algas presentes en los sitios evaluados. Especies de interés comercial como las langostas presentaron densidades muy bajas, así como los pepinos de mar. Especies como *Holothuria arenícola* e *Isostichopus fuscus*, que son especies de alto interés en el mercado internacional, solo estuvieron presentes en dos sitios de los 9 evaluados, con densidades muy bajas. Esto indica que posiblemente estas especies estén sufriendo del deterioro del espacio arrecifal, pero que a su vez estén sufriendo un impacto extractivo que no deja que las poblaciones alcancen números mayores. Estas bajas densidades, se están viendo en otras zonas de Guanacaste. Con respecto a los sitios evaluados, Bajo la Vita (sitio 5) e Isla Pelada (sitio 6) fueron los sitios más ricos y diversos, mientras que San Pedrillo (sitio 1) y Bajo Negro (sitio 9) fueron los menos diversos (Cuadro 3).



Cuadro 3. Densidad (ind m⁻²) promedio (desviación estándar) de lo macroinvertebrados presentes en los transectos de los sitios evaluados en las Islas Murciélago.

Clasificación taxonómica	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Filo Echinodermata									
Clase Asteroidea									
1 <i>Mithrodia bradleyi</i>	---	---	---	---	---	---	---	0.1	---
2 <i>Nidorellia armata</i>	0.05	---	---	---	---	---	0.05	0.05	---
3 <i>Pharia pyramidata</i>	0.05	---	---	---	0.05	0.05	0.1	---	---
4 <i>Phataria unifascialis</i>	---	0.07±0.03	0.05	0.1	0.13±0.04	0.05	0.05	0.05	---
Clase Echinoidea									
5 <i>Astropyga pulvinata</i>	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---
6 <i>Diadema mexicanum</i>	4.78±1.12	9.73±6.43	6.02±5.65	15.92±2.92	17.08±2.43	4.37±1.12	7.67±4.47	13.82±4.40	5.08±2.58
7 <i>Eucidaris thourarsii</i>	0.30±0.30	0.12±0.06	0.70±0.26	0.47±0.47	0.42±0.38	1.60±0.79	0.27±0.21	0.48±0.45	0.28±0.11
8 <i>Toxopneustes roseus</i>	---	0.16±0.16	0.26±0.10	0.42±0.23	0.08±0.04	---	---	0.38±0.24	---
9 <i>Tripneustes depressus</i>	---	---	---	---	---	0.1	---	---	---
Clase Holothuroidea									
10 <i>Chiridota rigida</i>	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---
11 <i>Dendrochirotida</i>	---	1.05±0.71	---	0.15	1.45	0.63±0.81	---	---	---
12 <i>Euapta godeoffroyi</i>	0.05	---	---	---	---	---	---	---	---
13 <i>Holothuria (Cystipus) casoae</i>	---	---	---	---	---	---	0.05	0.15	---
14 <i>Holothuria (Mertensiothuria) hilla</i>	---	---	---	---	0.05	0.05	0.20±0.14	0.15	---
15 <i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	---	---	---	---	0.05	---	---	0.13±0.14	---
16 <i>Isostichopus fuscus</i>	---	0.05	0.05	---	---	---	---	---	---
Filo Arthropoda									
Orden Decapoda									
17 <i>Panulirus</i> sp.	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---
18 <i>Stenorhynchus debilis</i>	---	0.1	0.25±0.26	---	0.05	0.13±0.04	---	0.05	---
Filo Mollusca									
Clase Bivalvia									
19 <i>Pinctada mazatlanica</i>	0.05	0.15	0.05	0.05	0.08±0.04	0.05	0.05	0.13±0.04	0.20±0.21
20 <i>Pinna rugosa</i>	---	---	---	---	0.05	---	0.05	---	---
21 Spondylidae	---	---	---	0.05	0.08±0.04	0.05	---	---	0.2
Clase Cephalopoda									
22 <i>Octopus</i> sp.	---	---	---	---	---	0.1	---	---	---
Clase Gastropoda									
23 <i>Hexaplex princeps</i>	---	---	0.05	0.05	---	0.05	---	---	---



Clasificación taxonómica	1	2	3	4	5	6	7	8	9
24 <i>Murex</i> sp.	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---
25 Muricidae	---	---	---	0.05	0.1	---	---	---	0.15
26 <i>Opeatostoma pseudodon</i>	0.15±0.70	0.10±0.07	0.08±0.06	0.47±0.20	0.20±0.14	0.1	---	---	0.5
Opisthobranchia									
27 <i>Dolabella</i> sp.	0.05	---	---	---	---	---	---	---	---
28 <i>Elysia diomedea</i>	---	---	---	---	---	---	0.20±0.21	---	---
Riqueza de especies (S)	8	11	9	10	14	13	11	12	6
Diversidad de Shannon H'(log₁₀)	0.26	0.31	0.35	0.22	0.28	0.56	0.27	0.25	0.36

ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN ÍCTICA

En total se observaron en los transectos un total de 68 especies de peces asociadas a los arrecifes evaluados. La gran mayoría de estas especies son consideradas raras (56%) en términos de su abundancia, determinada por su densidad y la frecuencia de aparición en los sitios evaluados. Esto quiere decir que la mayoría de las especies observadas en los sitios evaluados, poseen muy bajas densidades y solo estuvieron presentes en pocos de los sitios (Cuadro 4). Por otro lado, solamente el 13% de las especies son consideradas predominantes, apareciendo en altas densidades en la gran mayoría de sitios. Veinticinco por ciento (25%) son comunes (bajas densidades y una gran cantidad de sitios) y solo 6% son ocasionales (densidades altas y pocos sitios). Las especies predominantes son *Chromis atrilobata*, *Thalassoma lucasanum*, *Haemulon flaviguttatum*, *Scarus ghobban*, *Stegastes acapulcoensis*, *Halichoeres dispilus*, *Stegastes flavilatus*, *Abudefduf troschelii*, y *Apogon dovii*; en su mayoría peces herbívoros y planctívoros. Especies de interés comercial como *Lutjanus argentiventris*, *Cephalopholis panamensis*, *Caranx sexfasciatus*, *Lutjanus inermis*, y *Caranx caballus* son raras. Esto puede sugerir que existe una posible presión sobre estas especies por parte del sector pesquero, ya que al sector un área protegida, estas especies deberían de estar en mayor abundancia y deberían comunes.

Con respecto a los sitios evaluados, Bajo Negro fue el que presentó la mayor biomasa de peces (~30 tn ha⁻¹), mientras que el resto de los sitios presentaron biomásas por debajo de las 5 tn ha⁻¹ (Fig. 17). La biomasa total de peces para todas las Islas Murciélagos es de 161.3 tn ha⁻¹, que es muy inferior a la observada a otras áreas protegidas como la Isla del Caño (32,947.1 tn ha⁻¹) o la Isla del Coco (197,878.4 tn



ha⁻¹), (Alvarado et al. in prep.). Esto debe llamar la atención sobre las estrategias de protección y vigilancia al recurso pesquero que está sufriendo una fuerte presión. A su vez esto se traduce en un desajuste en la cadenas tróficas en las islas, que se evidencia por la predominancia de especies herbívoras como ciertos peces y erizos de mar, el poco control natural por parte de especies depredadoras, y la falta de una estructura arrecifal saludable que no favorece la crianza de especies claves. Esto se vuelve en un proceso cíclico, ya que al no haber un fondo saludable, pero también al no haber una cadena trófica saludable, el sistema va a tender a un cambio continuo de deterioro, y a un cambio de fase en la composición.

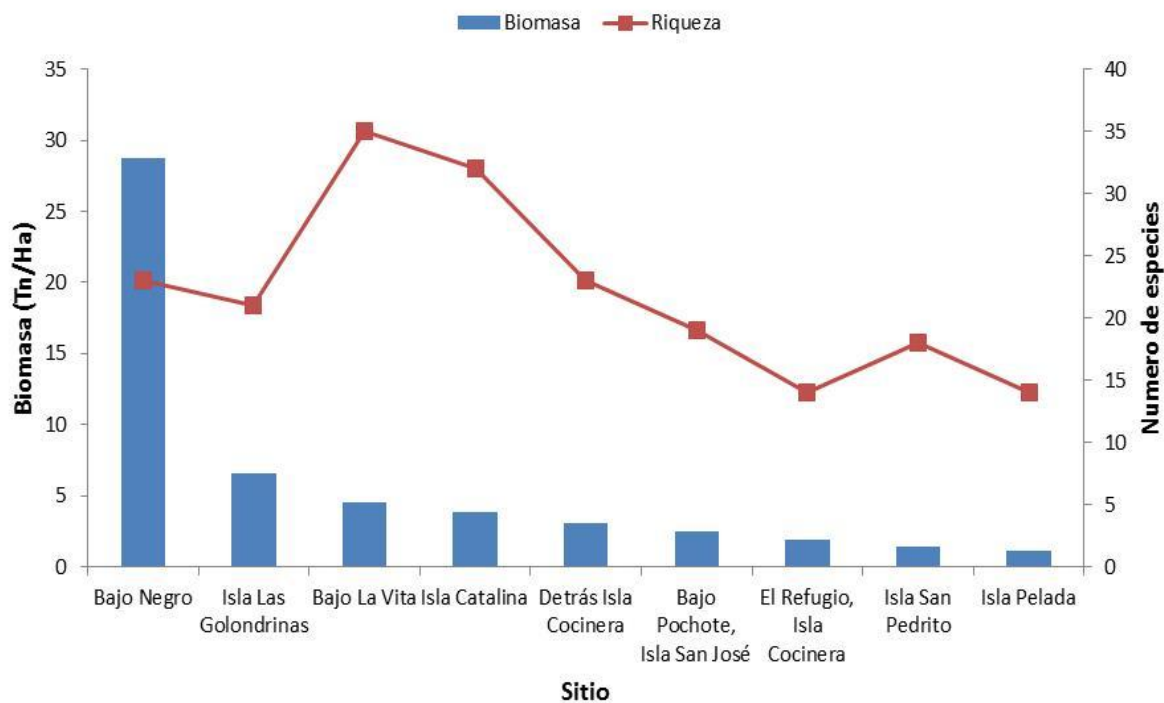


Figura 17. Biomasa total (tn ha⁻¹) y número de especies de peces en los sitios evaluados en las Islas Murciélago.



Cuadro 4. Densidad (ind m⁻²) promedio de los peces observados en las Islas Murciélagos, y categorización de su abundancia. P: Predominate; C: Común; O: casional; R: rara.

Especie	Densidad (ind m ⁻²)	Abundancia	Especie	Densidad (ind m ⁻²)	Abundancia
<i>Chromis atrilobata</i>	4.416	P	<i>Caranx sexfasciatus</i>	0.075	R
<i>Thalassoma lucasanum</i>	2.108	P	<i>Euthynnus lineatus</i>	0.075	R
<i>Haemulon flaviguttatum</i>	1.717	P	<i>Epinephelus labriformis</i>	0.064	C
<i>Haemulon maculicauda</i>	1.425	O	<i>Microspathodon bairdii</i>	0.063	R
<i>Prionurus laticlavus</i>	1.313	O	<i>Microspathodon dorsalis</i>	0.058	C
<i>Apogon retrosella</i>	1.250	O	<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.054	C
<i>Scarus ghobban</i>	0.862	P	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	0.050	R
<i>Elagatis bipinnulata</i>	0.750	O	<i>Chaetodon humeralis</i>	0.050	R
<i>Stegastes acapulcoensis</i>	0.715	P	<i>Halichoeres nicholsi</i>	0.050	R
<i>Halichoeres dispilus</i>	0.571	P	<i>Paranthias colonus</i>	0.050	R
<i>Stegastes flavilatus</i>	0.550	P	<i>Prionurus punctatus</i>	0.050	R
<i>Abudefduf troschelii</i>	0.548	P	<i>Scarus perrico</i>	0.050	R
<i>Apogon dovii</i>	0.340	P	<i>Haemulon steindachneri</i>	0.042	R
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	0.283	R	<i>Pseudobalistes naufragium</i>	0.040	C
<i>Myripristis leiognathus</i>	0.250	R	<i>Arothron meleagris</i>	0.035	C
<i>Sufflamen verres</i>	0.200	C	<i>Gymnothorax castaneus</i>	0.033	R
<i>Halichoeres notospilus</i>	0.183	R	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	0.031	C
<i>Lutjanus argentiventris</i>	0.175	R	<i>Cirrhitus rivulatus</i>	0.025	C
<i>Caranx caballus</i>	0.159	C	<i>Plagiotremus azaleus</i>	0.025	C
<i>Serranus psittacinus</i>	0.150	R	<i>Alphestes multiguttatus</i>	0.025	R
<i>Trachinotus rhodopus</i>	0.150	R	<i>Synodus lacertinus</i>	0.025	R
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0.138	C	<i>Abudefduf concolor</i>	0.025	R
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	0.135	C	<i>Arothron hispidus</i>	0.025	R
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	0.133	C	<i>Belonidae</i>	0.025	R
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.125	R	<i>Chilomycterus reticulatus</i>	0.025	R
<i>Diodon holocanthus</i>	0.113	C	<i>Halichoeres chierchiae</i>	0.025	R
<i>Fistularia commersonii</i>	0.109	C	<i>Hoplopagrus guentherii</i>	0.025	R
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0.088	R	<i>Kyphosus analogus</i>	0.025	R
<i>Holacanthus passer</i>	0.087	C	<i>Lutjanus inermis</i>	0.025	R
<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.080	C	<i>Muraena argus</i>	0.025	R
<i>Cephalopholis panamensis</i>	0.080	R	<i>Muraena lentiginosa</i>	0.025	R
<i>Novaculichthys taeniourus</i>	0.025	R	<i>Rypticus nigripinnis</i>	0.025	R
<i>Pareques sp</i>	0.025	R	<i>Scorpaena mystes</i>	0.025	R
<i>Sphaeroides lobatus</i>	0.025	R	<i>Seriola rivoliana</i>	0.025	R



RECOMENDACIONES

El Refugio, en la Isla Cocinera 1, como su nombre lo indica, es utilizado como refugio por parte de los pescadores cuando las condiciones del mar son malas. Esto está causando algunos problemas en el arrecife que ahí se encuentra. En primer lugar, hay mucha basura en el arrecife, botellas, ropa, pastas de dientes, son parte de las cosas que se pueden encontrar, posiblemente desechos de los pescadores que usan el sitio (Fig. 18). También, en el arrecife se encontraron varios pedazos de colonias de coral desprendidos y vueltos al revés, lo cual es signo de que ahí se anclan y se está dañando los corales al levantar el ancla. Por lo tanto es recomendable delimitar el arrecife con boyas de anclaje que eviten que se anclen en el arrecife y de esa manera evitar el daño a los corales.

Se vieron embarcaciones dentro del área marina protegida, algunas de ellas de pescadores. En Isla Las Golondrinas observamos cadáveres de pez chanco (Balístido) recientemente fileteados y además de vertebras de peces más viejas en la misma área del fondo (Fig. 19).



Figura 18. Una muestra de la basura que se puede encontrar en el arrecife del Refugio en la Isla Cocinera 1.



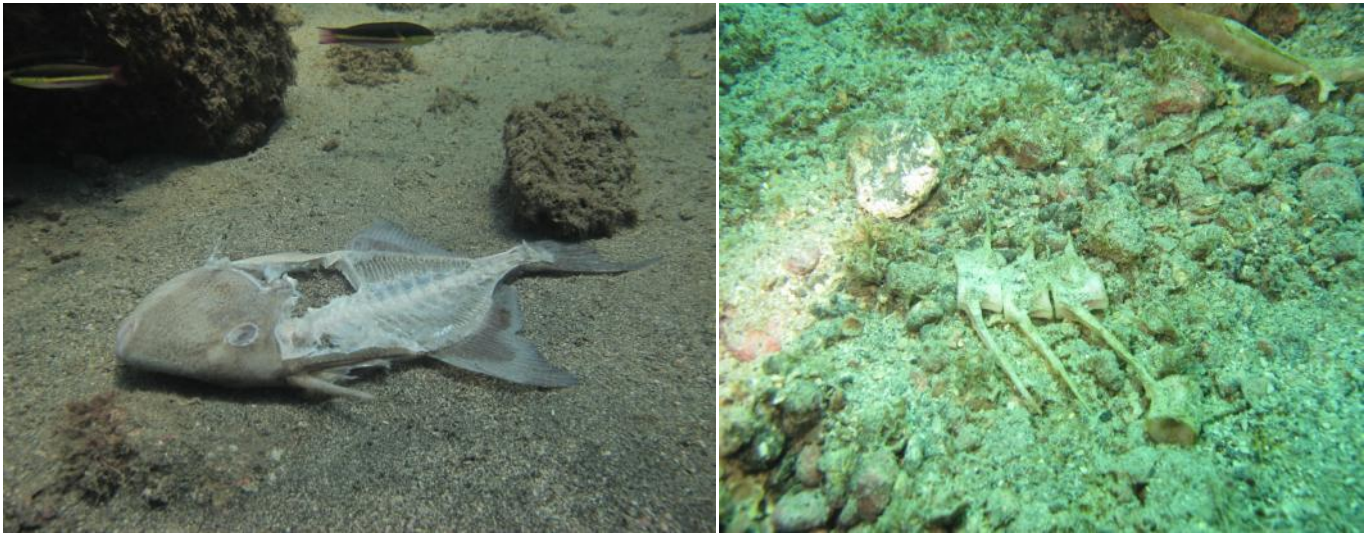


Figura 19. Pez chancho (Balístido) recientemente fileteado (izquierda) y vertebras de peces más viejas (derecha) en la misma área del fondo en la Isla Las Golondrinas.

Es necesario tomar medidas urgentes para el control y la vigilancia de las actividades ilícitas dentro del área protegida. Es importante establecer acuerdos con el servicio Nacional de Guardacostas para favorecer esta vigilancia, ya que las capacidades del SINAC son reducidas, a pesar de las buenas voluntades y compromisos de los guardaparques. Si no se realiza un control efectivo de la extracción pesquera, es probable que el deterioro que se evidencia hoy día en los arrecifes no sea recuperable. Por otro lado, no todo es atribuible al sector pesquero, ya que hay otros factores, como el incremento en la incidencia de mareas rojas en la zona, que están causando una mortandad fuerte en peces y en los corales formadores. La pesca de peces depredadores en tallas pequeñas causa que escaseen los controladores naturales de otras especies de organismos herbívoros. Estos organismos herbívoros al no tener un control natural de sus poblaciones tienden a crecer y aprovechar la gran cantidad de recurso alimenticio que existe en las Islas. Estas algas, ven favorecido su crecimiento por la falta de competencia con otros organismos del fondo, como los corales, sumado a su rápido crecimiento y las aguas ricas en nutrientes, por lo que se observa un evidente cambio en el ecosistema en todos sus niveles. Las estrategias para recuperar estos arrecifes, así como otros de Guanacaste, debe ser una estrategia ecosistémica e integral con otras



actividades productivas (pesca, turismo, agrícola) para que sea realmente efectivo el cambio y recuperación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los funcionarios del Área de Conservación Guanacaste, quienes fieles a su compromiso en la conservación de los recursos marinos de Costa Rica se acercaron al CIMAR en busca de colaboración. Sin su apoyo en la preparación y ejecución de esta evaluación el trabajo no se hubiera podido realizar. A su vez, queremos agradecer a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por apoyar financieramente esta iniciativa.

REFERENCIAS

- Alvarado, J.J., & Fernández, C. (2005). Equinodermos del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 53 (Supl. 3), 275-284.
- Alvarado, J.J., & Chiriboga, A. (2008). Distribución y composición de los equinodermos de las aguas someras en la Isla del Coco, Pacífico Oriental, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 56 (Supl. 2), 99-111.
- Alvarado J.J., Baraza, E., & Sancho-Mejía, T. (2013). Chapter 3 Central America Echinoderms: diversity, ecology and future perspectives. In Alvarado J.J. & Solís-Marín, F.A. (Eds.). *Echinoderm Research and Diversity in Latin America* (pp. 67-106). Berlin: Springer.
- Aronson, R.B., & Precht, W.F. (1995). Landscape patterns of reef coral diversity: A test of the intermediate disturbance hypothesis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 192, 1-14.
- Bassey-Fallas, G. (2010). *Evaluación ecológica de los arrecifes y comunidades coralinas de las Islas Murciélagos y sección norte de la Península de Santa Elena en el Pacífico de Costa Rica*. Maestría en Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 124 p.



- Beebe, W. (1938). Eastern Pacific expeditions of the New York Zoological Society, XIV. Introduction, itinerary, list of stations, nets and dredges of the eastern Pacific *Zaca* expedition, 1937-1938. *Zoologica*, 23, 287-298.
- Birkeland, C. (1989). The influence of echinoderms on coral-reef communities In Jangoux, M. & Lawrence, J.M. (Eds.). *Echinoderm Studies. Volume 3* (pp. 1-79). Rotterdam: A.A. Balkema.
- Bruckner, A.W. (ed.). 2006. Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFSOPR 34, Silver Spring, MD. 244 p.
- Cortés, J. (1996-1997). Comunidades coralinas y arrecifes del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(3)/45(1), 623-625.
- Cortés, J., & Jiménez, C. (2003). Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: history, research and status. In J. Cortés (Ed.), *Latin American Coral Reefs* (pp. 361-385). Amsterdam: Elsevier Science.
- Cortés, J., Jiménez, C.E., Fonseca, A.C., & Alvarado, J.J. (2010). Status and conservation of coral reefs in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 58 (Suppl. 1), 33-50.
- Crocker, T. (1933). The Templeton Crocker Expedition of the California Academy of Sciences, 1932, No. 2: Introductory statement. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 4th Series, 21, 3-9, plus one plate.
- Excoffon, A.C., Acuña, F. H., & Cortés, J. (2009). The sea anemone *Nemanthus californicus* (Cnidaria, Actiniaria, Nemanthidae) from Costa Rica: re-description and first record outside the type locality. *Marine Biodiversity Records*, MBAUK 2, 1-5.
- Foster, J. M., LeCroy, S. E., Heard, R. W., & Vargas, R. (2009). Gammaridean amphipods. In I. S. Wehrmann, & J. Cortés (Eds.), *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America* (Texto: pp. 265-274, Lista de especies: Disco Compacto pp. 212-216.). Berlin: Springer.
- Glynn, P. W. (1999). *Pocillopora inflata*, a new species of scleractinian coral (Cnidaria: Anthozoa) from the tropical eastern Pacific. *Pacific Science*, 53, 168-180.



- Heard, R. W., Breedy, O., & Vargas, R. (2009). Tanaidaceans. In I. S. Wehrtmann, & J. Cortés (Eds.), *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America* (Texto: pp. 245-256, Lista de especies: Disco Compacto pp. 204-205). Berlin: Springer.
- Hernández, P., & Vargas, R. (2013). A new species of Callianidea H. Milne Edwards, 1837 (Decapoda, Axiidea, Callianideidae) from the Pacific coast of Central America, with key to the genus. *Zootaxa*, 3681, 147-154.
- Jiménez, C., Cortés, J., León, A., & Ruiz, E. (2001). Coral bleaching and mortality associated with the 1997-98 El Niño in an upwelling environment in the eastern Pacific (Gulf of Papagayo, Costa Rica). *Bulletin of Marine Science*, 69, 151-169.
- Lee, S.C. (2006). Habitat complexity and consumer-mediated positive feedbacks on a Caribbean coral reef. *Oikos*, 112, 442-447.
- McCauley, D. J., Joyce, F. J., & Lowenstein, J. H. (2008). Effects of the aquarium fish industry in Costa Rica on populations of the Cortez rainbow wrasse *Thalassoma lucasanum*. *Ciencias Marinas*, 34, 445-451.
- Pawson, D. 2007. Phylum Echinodermata. *Zootaxa*, 1668, 749-764.
- Petrescu, I., & Heard, R. W. (2004). Three new Cumacea (Crustacea: Peracarida) from Costa Rica. *Zootaxa*, 721, 1-12
- Petrescu, I., Heard, R. W., Vargas, R., & Breedy, O. (2009). Cumaceans. In I. S. Wehrtmann, & J. Cortés (Eds.), *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America* (Texto: pp. 237-244, Lista de especies: Disco Compacto pp. 201-203). Berlin: Springer.
- Price, W. W., Heard, R. W., & Vargas, R. (2009). Shallow water mysids. In I. S. Wehrtmann, & J. Cortés (Eds.), *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America* (Texto: pp. 229-236, Lista de especies: Disco Compacto pp. 199-200). Berlin: Springer.
- Purcell, S.W., Samyn, Y., & Conand, C. (2012). Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species catalogue for fisheries purpose No. 6, Roma. 150 p.



- Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J.F., Toral-Granda, M.V., Lovatelli, A., & Uthicke, S. (2013). Sea cucumbers fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish Fisheries*, 14, 34-59.
- Rogers, C.S., Garrison, G., Grober, R., Hillis, Z.M., & Franke, M.A. (2001). *Manual para el monitoreo de arrecifes de coral en el Caribe y el Atlántico occidental*. T.N.C. & W.W.F., Islas Vírgenes, U.S.A. 49 p.
- Schneider, K., Silverman, J., Woolsey, E., Eriksson, H., Byrne, M., & Caldeira, K. (2011). Potential influence of sea cucumbers on coral reef CaCO₃ budget: A case study at One Tree Reef. *Journal of Geophysical Research*, 116, G04032.
- Suárez-Morales, E., & Morales-Ramírez, A. (2001). Nuevo registro de *Acartia (Planktacartia) negligens* (Copepoda, Calanoida) en el Pacífico Tropical Oriental. *Revista de Biología Tropical*, 49, 1286.
- Toral-Granda, V. (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Latin America and the Caribbean In: Toral-Granda, V., Lovatelli, A. & Vasconcellos, M. (Eds.). *Sea Cucumbers . A Global Review of Fisheries and Trade* (pp. 213-229). Roma: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516.
- Toral-Granda, V., Lovatelli, A. & Vasconcellos, M. (Eds.). *Sea Cucumbers . A Global Review of Fisheries and Trade*. Roma: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516. 317 p.
- Uthicke, S. (2001). Nutrient regeneration by abundant coral reefs holothurians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 265, 125-138.
- Valdés, Á., & Camacho-García, Y. E. (2004). “Cephalaspidean” Heterobranchs (Gastropoda) from the Pacific Coast of Costa Rica. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 55, 459-497.
- Vargas, R. (2000). *Periclimenes murcielagensis*, a new species of shrimp (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) living on black coral from the Pacific coast of Costa Rica. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 113, 17-23.
- Vargas, R., & Cortés, J. (1999). Biodiversidad marina de Costa Rica: Crustacea. Decapoda (Penaeoidea, Sergestoidea, Caridea, Astacidea, Thalassinidea, Palinura) del Pacífico. *Revista de Biología Tropical*, 47, 887-911.



- Vargas, R., & Cortés, J. (2006). Biodiversidad marina de Costa Rica: Crustacea: Infraorden Anomura. *Revista de Biología Tropical*, 54, 461-488.
- Weinberg, S. (1981). A comparison of coral reef survey methods. *Bijdr. Dierk*, 51, 199-218.
- Wehrtmann, I.S., & Vargas, R. (2003). New records and range extensions of shrimps (Decapoda: Penaeoidea, Caridea) from the Pacific and Caribbean coasts of Costa Rica, Central America. *Revista de Biología Tropical*, 51, 268-274.

ANEXO: BIODIVERSIDAD MARINA

PECES:

Andrés Beita Jiménez

<i>Acanthurus xanthopterus</i>	<i>Cirrhichthys oxycephalus</i>
<i>Arothron meleagris</i>	<i>Chaetodon humeralis</i>
<i>Abudefduf concolor</i>	<i>Chilomycterus reticulatus</i>
<i>Abudefduf troschelii</i>	<i>Chromis atrilobata</i>
<i>Aetobatus narinari</i>	<i>Cirrhichthys oxycephalus</i>
<i>Alphestes multiguttatus</i>	<i>Diodon holocanthus</i>
<i>Apogon dovii</i>	<i>Euthynnus lineatus</i>
<i>Apogon retrosell</i>	<i>Elagatis bipinnulata</i>
<i>Arothron hispidus</i>	<i>Epinephelus labriformis</i>
<i>Arothron meleagris</i>	<i>Fistularia commersonii</i>
<i>Bodianus diplotaenia</i>	<i>Gymnothorax castaneus</i>
<i>Canthigaster punctatisima</i>	<i>Haemulon flaviguttatum</i>
<i>Caranx caballus</i>	<i>Haemulon maculicauda</i>
<i>Caranx sexfasciatus</i>	<i>Haemulon steindachneri</i>
<i>Cephalopholis panamensis</i>	<i>Halichoeres chiercheae</i>



Halichoeres dispilus
Halichoeres nicholsi
Halichoeres notospilus
Holacanthus passer
Hoplopagrus guentherii
Heteropriacanthus cruentatus
Johnradalia nigrirostris
Kyphosus analogus
Lutjanus argentiventris
Lutjanus inermis
Microspathodon bairdii
Microspathodon dorsalis
Mulloidichthys dentatus
Muraena argus
Muraena lentiginosa
Myripristhys legiognathus
Novaculichthys taeniourus
Ophioblennius steindachneri
Paranthias colonus

Pareques sp.
Plagiotremus azaleus
Prionurus laticlavus
Pseudobalistes naufragium
Rypticus bicolor
Sargocentrum suborbitalis
Scarus ghobban
Scarus perrico
Scarus rubroviolaceus
Scorpaena mystes
Seriola rivoliana
Serranus psitacinus
Stegastes acapulcoensis
Stegastes flaviatus
Sufflamen verres
Synodus lacertinus
Thalassoma lucasanum
Trachinotus rhodopus

BENTOS: Sebastián Mena González y Jorge Cortés Núñez

Amphinomidae indet.

Anémonas

Ascidias

Astropyga pulvinata

Balanoidea indet.

Berthellina ilisima

Bryozoa, varias especies

Cirratulidae indet.



Cirripedios
Ctenophora-Lobata indet.
Dendroquirótidios
Diadema mexicanum
Diogenidae indet.
Dolabella sp.
Doriprismatica sedna
Elysia diomedea
Euapta godeffroyi
Eucidaris thouarsii
Gardineroseris planulata
Hexaplex sp.
Holothuria (Halodeima) hilla
Holothuria atra
Hymenocera picta
Hytotisa sp.
Isostichopus fuscus
Linckia sp.
Majoidea spp.
Mithrodia bradleyi
Murícidos
Nemertea Indet.
Nidorellia armata
Octopus sp.
Opeatostoma pseudodon
Ophiocomidae
Ophiodermatidae
Ophiotrichidae
Ostracidae indet.
Paguridae
Pandalidae indet.
Panulirus sp.
Pavona clavus
Pavona gigantea
Pavona varians
Pharia pyramidata
Phataria unifascialis
Pinctada sp.mazatlanica
Pinna rugosa
Pocillopora elegans
Polynomidae indet.
Pontonia margarita
Porcellanidae spp.
Porifera indet.
Porites panamensis
Sabellidae indet.
Salpas
Sipuncula indet.
Spondylus spp.
Strombus sp.*Lobatus galeatus*
Stylocheilus striata
Tambja abdere
Thalassinidae indet.
Toxopneustes roseus



Trapezia sp.

Tripneustes depressus

Tubastrea coccinea

Tulearocaris sp.

Vasum sp.

Vermetidae indet.

Xanthidae spp.

