

Evaluación del impacto de la actividad de buceo recreativo sobre los corales pétreos en los arrecifes coralinos del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

Lic. Pedro Alcolado-Prieto
Lic. Aloyma Semidey Ravelo
MSc. Susel Castellanos Iglesias
MSc. Danay Macías Reyes

Instituto de Oceanología, Ave. 1ra. No. 18406, Rpto. Flores, Playa, La Habana, Cuba.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos están entre los ecosistemas de mayor diversidad de especies del planeta, comparables con las selvas tropicales en el mar (Buddemeier *et al.*, 2004). Esa diversidad biológica aprovechada de un modo sustentable asegura beneficios que incluyen alimentos, turismo y recreación, sustancias biológicamente activas, protección de las costas, y formación de arena.

Sin embargo, la acción del hombre y los problemas relacionados con el cambio climático global amenazan y están afectando severamente la salud y supervivencia de los arrecifes coralinos (Gardner *et al.*, 2003; Eakin *et al.*, 2008).

El turismo marino se basa fundamentalmente en el atractivo de los fondos marinos, la calidad ambiental de las playas y de los paisajes costeros, y la aplicación de medidas de conservación visibles, entre otros. El incremento de buzos y snorkelistas puede provocar impactos a los arrecifes, dependiendo de la cantidad y nivel de experiencia de los visitantes, de su conciencia ambiental y de las condiciones ecológicas del arrecife (CNAP, 2006).

En Cuba, el turismo se ha convertido en la mayor fuente de ingresos. El creciente desarrollo del sector turístico, y en particular el relacionado con el buceo recreativo en arrecifes coralinos, hace imprescindible el monitoreo ambiental en ese ecosistema. Esto es vital para la puesta en práctica de estrategias y planes de manejo que garanticen la protección y uso sostenible de este recurso natural de gran importancia ecológica, económica y social.

El Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC), área objeto de la presente evaluación, se extiende a lo largo de la región norte central de Cuba, e incluye el segundo polo turístico en importancia de Cuba (Fig. 1).

Hace ya un poco más de una década se comenzó a ejecutar el Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey dirigido a avanzar en la protección y uso sostenible de la diversidad biológica de este vasto territorio, ante la inminencia de un fuerte proceso inversionista de desarrollo del turismo. Dicho proyecto ya concluyó dos etapas: la primera encaminada a crear un plan estratégico ambiental que sirviera de guía para un uso sostenible ecológico y socioeconómico que sentó las bases para la formulación y ejecución de la segunda etapa dirigida a la implementación de prioridades de este plan estratégico. Actualmente el proyecto transita por su tercera etapa encaminada a conservar la biodiversidad en paisajes productivos involucrando a los sectores de la pesca, el turismo, agropecuario y forestal. Dentro de este proyecto la parte de los ecosistemas marinos, y particularmente los arrecifes coralinos, tienen gran importancia.

El Instituto de Oceanología de la Agencia de Medio Ambiente y el Ministerio de Turismo, en el marco de una iniciativa del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey CUB/98/G32, CUB/99/G81, Capacidad 21, se encuentran fomentando la Red de Monitoreo de Voluntarios de Alerta Temprana en Arrecifes Coralinos de Cuba. Esta red tiene entre sus propósitos la capacitación y concienciación de los instructores guías de buceo hacia la protección y uso

sostenible de los puntos de buceo. En ese contexto, nuestro objetivo fue la evaluación del grado impacto producido por la actividad de buceo y otras actividades náuticas en los principales puntos de buceo del ASC, como medida del resultado de ese proceso de toma de conciencia y responsabilidad ambiental en este sector productivo.

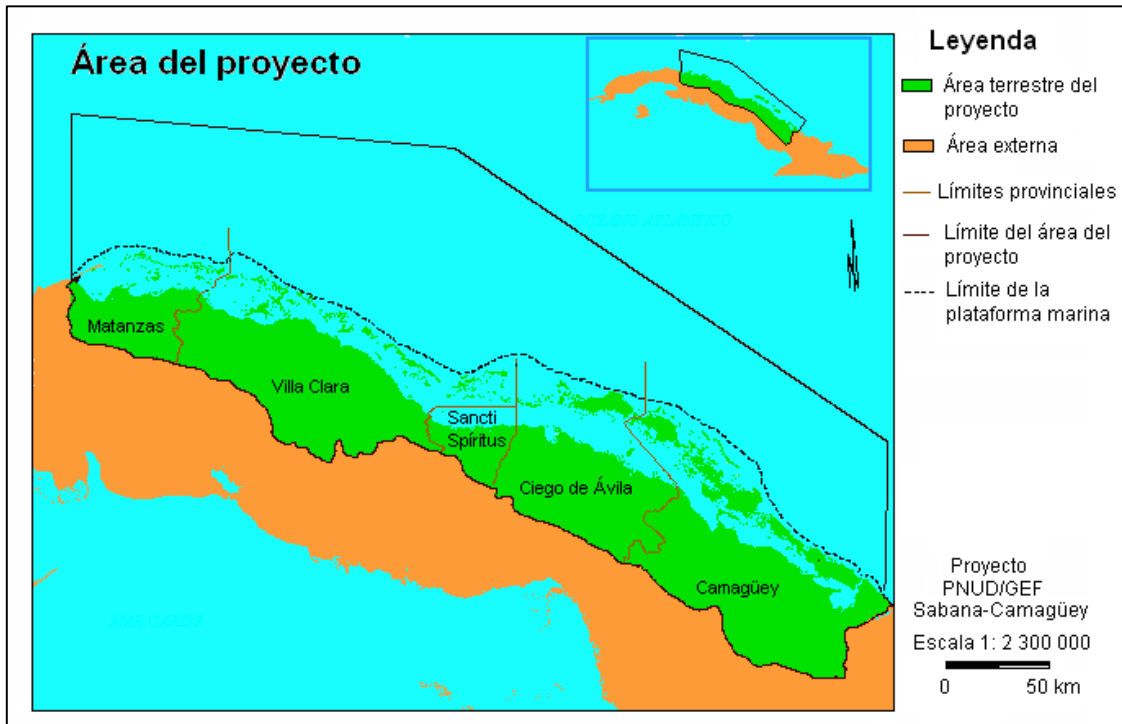


Figura 1. Mapa del Ecosistema Sabana-Camagüey, con el área del proyecto y las provincias que éste comprende. El límite norte del área del proyecto es el de la Zona Económica Exclusiva, y el del sur es el parteaguas central.

Objetivo general

- Evaluar el grado y tipos de impacto sobre los corales pétreos en una selección de puntos de buceo de arrecifes en las principales áreas de buceo turístico del ASC, con especial atención al buceo turístico y otras actividades náuticas.

Objetivos específicos

- Evaluar la vitalidad de los corales pétreos en varios puntos de buceo en el ASC a través de la cuantificación porcentual de la incidencia de diferentes tipos de afectaciones a estos organismos, con particular énfasis en las relacionadas con el buceo y otras actividades náuticas.
- Estimar el cubrimiento vivo del fondo por corales pétreos en puntos de buceo en el ASC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC), se distribuye a lo largo del aproximadamente 465 km en el área norte central de Cuba y constituye el mayor sistema de cayos del Gran Caribe y

contiene el 60% de los cayos del país (2,515 cayos y 3,414 km²). Los manglares, de variados tipos, están profusamente distribuidos en prácticamente todos los cayos y a lo largo de la costa de la Isla de Cuba (1,627 km²). No menos importantes son los arrecifes coralinos, que se extienden a todo lo largo del borde externo de la plataforma marina (390 km²). Estos se manifiestan como crestas coralinas a manera de rompientes, y arrecifes frontales que se extienden hacia mayores profundidades con transiciones de formaciones coralinas diversas que incluyen veriles tanto sencillos como con contrafuertes, sistemas de camellones y canales, arrecifes de parche, “hoyos azules” (*blue holes*), cañones y abruptos cantos profundos (Alcolado *et al.*, 1999).

Muestreo y procesamiento de datos

Se evaluaron puntos de buceo seleccionados de la áreas de buceo de Varadero (Matanzas), cayos del norte de Villa Clara (Cayos Francés, Las Brujas y Borracho), Cayo Coco (Ciego de Ávila) y Playa Santa Lucía (Camagüey) (Tabla 1). Los muestreos en Varadero y los cayos del norte de Villa Clara se realizaron entre el 25 y el 31 de mayo del 2010 y los de Playa Santa Lucía y Cayo Coco entre el 7 y el 13 de agosto del mismo año.

Los muestreos se realizaron mediante buceo autónomo (SCUBA). Se aplicó el método de transecto de banda de 1 m de ancho (Rogers *et al.*, 1994) para seleccionar las colonias a las que se les examinó su condición por el método de vitalidad de corales de Dustan (1977). Para estimar el cubrimiento del fondo por coral vivo al nivel de comunidad y especie se utilizó el método de transecto lineal (Loya, 1978). En total se hicieron ocho transectos para cubrimiento por sitio de muestreo.

El método de Dustan (1977) consiste en registrar diferentes tipos de condición de cada colonia de coral y calcular sus respectivos porcentajes de incidencia. Para esta investigación se consideraron los siguientes tipos de condición de las colonias de corales pétreos:

1. Sano
2. Cicatrizado
3. Trazas de pintura dejadas por rasponazo de embarcaciones
4. Fracturas (recientes por golpes o anclas)
5. Daño no biológico de esqueleto y tejidos (recientes por golpes o anclas)
6. Depredación tejidos (por caracol *Coralliophila*, gusano de fuego *Hermodice carunculada*)
7. Depredación de tejidos y esqueletos por loros y chopitas
8. Exceso de mucus
9. Exceso de sedimentos sin necrosis de tejidos (posiblemente causado por oleaje o buzos inexpertos)
10. Exceso de sedimentos con necrosis de tejidos (posiblemente causado por oleaje o buzos inexpertos)
11. Blanqueamiento
12. Enfermedades
13. Muerte reciente
14. Muerte antigua
15. Ahogamiento por algas
16. Cubrimiento de macroalgas (carnosas, cálcareas y filamentosas)
17. Cubrimiento por césped
18. Cubrimiento por cianobacterias

19. Cubrimiento por invertebrados

20. Bioerodadores y perforadores

Se considera como impacto de buceo, la suma de los impactos 3, 4, 5 y 10. Es una medida de precaución conservativa que supone que las fracturas, heridas con daño al esqueleto y la necrosis provocada por sedimentos depositados, son debidas a la actividad de buceo, de modo ese impacto no quede subestimado sino en todo caso sobrestimado.

Los corales fueron identificados *in situ* siguiendo los criterios sistemáticos de Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet (1999). Se tuvieron en cuenta en ambas metodologías las colonias de corales duros (Cnidaria: Scleractinia y Milleporina).

Los datos primarios de vitalidad de corales y de cubrimiento vivo de coral se procesaron en hojas de cálculo de Microsoft Excel®.

Tabla 1. Ubicación geográfica y profundidad de los puntos de buceo evaluados y los centros de buceo que los utilizan.

Centros de Buceo	Puntos de buceo	Profundidad (m)	Latitud N	Longitud O	Tipo de fondo
Barracuda, Coral, AQUA, Marina Gaviota Varadero (Varadero)	Playa Coral	5-6	23 ⁰ 05.327	81 ⁰ 27.265	Comunidad de corales sobre fondo mixto.
	Claraboya I	18	23 ⁰ 13.750	81 ⁰ 10.533	Comunidades de corales sobre fondo de camellones. Abundantes octocorales.
	Cayo Piedra del Norte	5-6	23 ⁰ 14.779	81 ⁰ 07.422	Comunidad de corales sobre terraza rocosa de escaso relieve. Sedimentos muy abundantes. Cubrimiento coralino muy bajo. Predominio de octocorales.
	Pesquero Viejo	20	23 ⁰ 13.032	81 ⁰ 12.269	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	Caballerote	11-13	23 ⁰ 12.666	81 ⁰ 12.076	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales. Abundantes octocorales.
Las Brujas (Cayos Francés, Las Brujas y Borracho)	Las Pajualas	20	23 ⁰ 39.770	79 ⁰ 08.634	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales. Abundantes octocorales.
	El Español	8-9	22 ⁰ 39.301	79 ⁰ 08.444	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales. Abundantes octocorales.
	La Corona	20	22 ⁰ 39.800	79 ⁰ 07.896	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	La Boca	4-5	22 ⁰ 38.666	79 ⁰ 13.070	hhh
	El Borracho	8-10	22 ⁰ 39.166	79 ⁰ 09.153	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	La Herradura	8-10	22 ⁰ 39.233	79 ⁰ 08.879	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
BLUEDIVING, COCODIVING (Cayo Coco)	Cabezos de los Tiburones	10-12	22 ⁰ 29.21	78 ⁰ 12.03	Comunidades de corales sobre fondo de cabezos de gran tamaño y con relieve marcado. Abundantes esponjas.
	Punto Nuevo	7-10	22 ⁰ 31.2	78 ⁰ 16.95	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales. Camellones poco marcados. Abundantes octocorales.
	La Cubera	15-17	22 ⁰ 33.104	78 ⁰ 21.008	Comunidad de corales sobre franja areno-

					rocosa irregular y de marcado relieve, paralela al borde de la plataforma y delimitada por fondo arenoso en ambos lados. Abundantes octocorales.
	La Finca	9-12	22 ⁰ 32.816	78 ⁰ 20.969	Comunidad de corales sobre franja arenorocosa irregular y de marcado relieve, paralela al borde de la plataforma y delimitada por fondo arenoso en ambos lados. Abundantes octocorales.
	El Peñón	15-18	22 ⁰ 33.116	78 ⁰ 20.715	Comunidad de corales sobre franja arenorocosa irregular y de marcado relieve, paralela al borde de la plataforma y delimitada por fondo arenoso en ambos lados. Abundantes octocorales.
	Las Coloradas	9-11	22 ⁰ 32.622	78 ⁰ 20.730	Comunidad de corales sobre franja arenorocosa irregular y de marcado relieve, paralela al borde de la plataforma y delimitada por fondo arenoso en ambos lados. Abundantes octocorales.
SHARK FRIENDS (Santa Lucía)	Sabinal	15-18	21 ⁰ 37.197	77 ⁰ 04.567	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	Joventina II	7	xxxxxxxxxx	yyyyyyyyyy	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	Joventina III	7-10	21 ⁰ 36.850	77 ⁰ 06.730	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	Puente de Herber	9-11	21 ⁰ 37.120	77 ⁰ 07.748	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	El Cable	7-8	21 ⁰ 37.009	77 ⁰ 07.277	Comunidad de corales sobre fondo de camellones y canales.
	Nuevo Mortera	3-6	xxxxxxxxxx	yyyyyyyyyy	Comunidad de corales sobre terraza al este del canal de entrada de la bahía de Nuevitas. Corales de fuego (milepóridos) y esponjas abundantes.

RESULTADOS

Vitalidad de corales pétreos

De modo general en todos los sitios de las cuatro localidades estudiadas del ASC predominaron las colonias de corales saludables. Luego prevalecieron las colonias afectadas por algún grado de estrés biológico dado fundamentalmente en la mayoría de los casos por blanqueamiento (mayormente colonias de *Siderastrea siderea* pálidas), cubrimiento de las colonias o parte de las mismas por macroalgas, enfermedades y en menor medida por cubrimiento por césped de algas, cianobacterias, invertebrados y presencia de organismos bioperforadores. Se observó muy poca mortalidad reciente. Las colonias afectadas por estrés físico o por la combinación de estrés físico y biológico fueron escasas. Los daños físicos que se observaron fueron las fracturas de algunas colonias y la presencia de sedimentos sobre ellas. Los daños no biológicos de tejidos y esqueleto fueron escasos. Con daño físico-biológico se reportaron corales con exceso de sedimentos con necrosis del tejido (Tabla 2 y 3).

Los daños a los corales asociados a la actividad de buceo fueron escasos en todos los sitios de buceo de las cuatro localidades, mostrando un porcentaje promedio en su conjunto del 2,97%. Al nivel de sitios de buceo, ese indicador varió de nulo a 7%. Los sitios más afectados fueron Nuevo Mortera en Santa Lucía (fundamentalmente por fracturas), Las Coloradas, Punto Nuevo y La Finca en Cayo Coco (con una mayor incidencia sedimentos con necrosis de tejidos), y La Herradura y La Corona en los cayos del norte de Villa Clara con valores porcentuales de ambas condiciones muy similares entre ellas e iguales entre ambos sitios. El porcentaje de colonias fracturadas en Nuevo Mortera duplicó y hasta triplicó en algunos casos los valores del resto de los sitios afectados por esta condición (Tabla 2 y 3).

La condición negativa que más incidió fue la mortalidad antigua, que es el reflejo de mortalidad acumulada por diferentes causas. Los mayores porcentajes en Varadero se observaron en los sitios Cayo Piedra del Norte y Playa Coral; en la cayería norte de Villa Clara se obtuvieron en La Corona y La Herradura; en Cayo Coco, en Las Coloradas y El Peñón; mientras que en Santa Lucía fue en Puente de Herber (Tabla 2 y 3).

El blanqueamiento en Varadero y los cayos del norte de Villa Clara fue menor que en Cayo Coco y Santa Lucía. En las dos primeras localidades nunca sobrepasó el 18% mientras que en las dos últimas se duplicaron sus valores en algunos sitios. Sin embargo, el porcentaje de blanqueamiento más bajo se observó en el sitio Nuevo Mortera ubicado en Santa Lucía.

Las incidencias de enfermedades fueron muy bajas en todos los muestreos (Tabla 2 y 3). La mayor incidencia se observó en Punto Nuevo, Cayo Coco (4,2%). La más frecuente fue mancha oscura en colonias de *S. siderea* y *Stephanocoenia intercepta*. Ocasionalmente aparecieron otras enfermedades como banda blanca en *Acropora cervicornis*, banda negra en *Diploria labyrinthiformis* y *D. strigosa*, plaga blanca en *Agaricia agaricites* y banda negra también en *D. strigosa*. Se observaron escasos “jardines algales” producidos por chopitas en *A. cervicornis*.

Cubrimiento vivo de corales pétreos

Los porcentajes de cubrimiento del fondo por tejido vivo de corales pétreos en las cuatro localidades fueron bajos (Fig. 2) con un promedio de 7,46 % entre las cuatro localidades estudiadas. En ninguno de los sitios de muestreo sobrepasó el 14,6 %. Los mayores valores se obtuvieron en los sitios Las Pajualas y El Español de los cayos del norte de Villa Clara y en

Playa Coral en Varadero (Fig. 3). El cubrimiento más bajo se observó en el sitio de Cayo Piedra del Norte, Varadero.

Tabla 2. Porcentajes de incidencias de cada condición en las colonias de corales pétreos para los sitios de buceo de Varadero y cayos del norte de Villa Clara. Categorías de condición (CC), Playa Coral (PC), Claraboya I (CbyI), Cayo Piedra del Norte (CPN), Pesquero Viejo (PV), Caballerote (Cb), Las pajuelas (LP), El Español (EE), La Corona (LC), La Boca (LB), El Borracho (EB) y La Herradura (LH).

Condiciones	Abreviaturas	Varadero					Cayo Francés, Las Brujas y Borracho					
		PC	Cby I	CPN	PV	Cb	LP	EE	LC	LB	EB	LH
Sano	S	48,2	42,6	57,8	61,9	59,2	51,4	49,8	36,4	54,5	45,8	36,4
Cicatrizado	Ci	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trazas de pintura por rasponazo de embarcaciones	Pi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fracturas	Fr	2,1	0,0	2,5	0,0	2,4	0,6	1,0	2,0	1,3	2,6	2,0
Daño no biológico de esqueleto y tejidos	DNB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Daño de bordes	DB	1,6	1,8	1,9	6,9	1,2	1,1	5,6	3,9	3,2	5,8	3,9
Depredación tejidos	DT	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Depredación de tejidos y esqueletos	DTELCh	1,0	0,6	1,2	0,6	0,0	1,7	0,0	2,6	0,0	0,7	2,6
Exceso de mucus	Mu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exceso de sedimentos sin necrosis de tejidos	ES	1,6	0,6	1,9	0,0	0,0	3,4	4,6	3,3	7,1	3,9	3,3
Exceso de sedimentos con necrosis de tejidos	ESN	0,0	1,2	0,0	2,3	1,8	1,1	3,1	3,3	0,0	0,0	3,3
Blanqueamiento	B	1,0	17,8	1,2	14,5	11,8	11,2	17,8	12,3	9,6	14,8	12,3
Enfermedades	E	2,1	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	1,3	0,7	0,7
Muerte reciente	MR	0,5	0,0	0,6	1,7	0,0	0,6	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
Muerte antigua	MA	28,5	20,1	34,2	19,7	24,3	26,8	20,3	33,8	28,9	15,5	33,8
Ahogamiento por algas	AA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cubrimiento de macroalgas	CM	14,5	5,9	17,4	2,9	1,2	0,6	2,0	2,6	9,6	7,7	2,6
Cubrimiento por césped	CF	2,6	0,0	3,1	1,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Cubrimiento por cianobacterias	CC	6,2	0,0	7,5	0,0	0,0	1,1	0,0	6,5	0,0	0,0	6,5
Cubrimiento por invertebrados	CI	4,2	7,1	5,0	4,1	3,0	4,5	3,1	4,6	5,1	7,1	4,6
Bioerodadores y perforadores	BP	3,1	2,4	3,7	1,2	4,1	7,8	0,0	9,1	2,5	5,2	9,1
Colonias saludables	S+Ci	48,2	42,6	57,8	61,9	59,2	51,4	49,8	36,4	54,5	45,8	36,4
Estrés biológico	*	34,7	34,3	41,6	24,9	20,7	26,8	23,9	38,3	28,2	36,8	38,3
Estrés físico	Ci+Fr+Pi+ES+DNB	3,6	0,6	4,4	0,0	2,4	3,9	5,6	5,2	8,3	7,1	5,2
Estrés físico y biológico	ESN	1,6	3,0	1,9	9,3	3,0	2,2	8,6	7,1	3,2	5,8	7,1
Muertos	MA+MR	29,0	20,1	34,8	21,4	24,3	27,4	20,3	33,8	30,1	15,5	33,8
Daño por buceo en cada sitio	Fr+Pi+ESN+DNB	2,1	1,2	2,5	2,3	4,2	1,7	4,1	5,3	1,3	3,3	5,3
Promedio de daño por buceo en cada localidad				2,5					3,5			
No. total de colonias muestreadas		193	169	161	173	169	179	197	154	150	155	154

* DT+DTELCh+Mu+B+E+AA+CM+CF+CC+CI+BP

Tabla 3. Porcentajes de incidencias de cada condición en las colonias de corales pétreos para los sitios de buceo de Cayo Santa Lucía. Categorías de condición (CC), Cabezo de los Tiburones (CT), Punto Nuevo (PN), La Cubera (LCb), La Finca (LF), El Peñón (EP), Las Coloradas (LCI), Sabinal (Sb), Joventina II (Jo II), Joventina III (Jo III), Puente de Herber (PH), El Cable (EC) y Nuevo Mortera (NM).

Condiciones	Abreviaturas	CayoCoco						Santa Lucía					
		CT	PN	LCb	LF	EP	LCI	Sb	Jo II	Jo III	PH	EC	NM
Sano	S	43,0	37,5	44,1	32,0	41,9	30,9	38,3	58,8	47,4	45,4	61,5	63,2
Cicatrizado	Ci	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trazas de pintura por rasponazo de embarcaciones	Pi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fracturas	Fr	0,0	1,0	0,0	1,1	0,0	1,7	0,0	0,5	0,8	1,6	1,4	4,5
Daño no biológico de esqueleto y tejidos	DNB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Daño de bordes	DB	2,2	3,1	3,4	5,7	2,5	1,7	2,8	1,6	4,0	4,9	1,4	0,5
Depredación tejidos	DT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Depredación de tejidos y esqueletos	DTELCh	0,0	0,0	0,6	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	2,0
Exceso de mucus	Mu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exceso de sedimentos sin necrosis de tejidos	ES	5,6	5,2	5,0	9,1	1,5	9,4	0,0	0,0	2,0	1,6	0,5	0,0
Exceso de sedimentos con necrosis de tejidos	ESN	0,0	5,2	1,7	4,0	0,5	4,4	1,6	1,6	0,4	0,0	0,5	2,5
Blanqueamiento	B	13,4	31,3	10,6	42,9	25,3	18,2	37,1	18,6	18,6	18,0	22,6	5,5
Enfermedades	E	1,1	4,2	0,0	0,0	1,5	1,7	0,8	2,6	1,6	2,2	1,9	0,0
Muerte reciente	MR	0,6	3,7	1,1	0,6	2,5	0,0	0,8	1,0	0,0	0,6	1,0	0,5
Muerte antigua	MA	27,9	16,7	26,3	22,3	29,3	32,6	14,7	18,0	20,6	30,1	12,0	20,4
Ahogamiento por algas	AA	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
Cubrimiento de macroalgas	CM	9,5	7,3	12,3	5,7	3,5	8,8	9,6	3,1	7,5	6,0	4,8	3,0
Cubrimiento por césped	CF	1,1	1,0	1,1	0,0	1,0	1,7	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
Cubrimiento por cianobacterias	CC	5,6	0,5	3,4	1,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,5
Cubrimiento por invertebrados	CI	6,2	3,1	5,6	3,4	3,0	7,2	0,8	5,2	1,6	1,1	1,4	5,0
Bioerodadores y perforadores	BP	9,6	2,1	4,5	5,1	3,0	9,4	4,0	5,7	4,7	4,4	1,0	3,0
Colonias saludables	S+Ci	43,0	37,5	44,1	32,0	41,9	30,9	38,3	58,8	47,4	45,4	61,5	63,2
Estrés biológico	*	43,4	50,5	38,0	58,9	39,9	47,0	53,4	35,6	34,0	32,8	32,2	19,4
Estrés físico	Ci+Fr+Pi+ES+DNB	5,6	6,3	5,0	10,3	1,5	11,1	0,0	0,5	2,8	3,3	1,9	4,5
Estrés físico y biológico	ESN	2,2	11,5	5,0	9,7	3,0	6,1	4,4	3,1	4,4	4,9	1,9	3,0
Muertos	MA+MR	28,5	20,3	27,4	22,9	31,8	32,6	15,5	19,1	20,6	30,6	13,0	20,9
Daño por buceo en cada sitio	Fr+Pi+ESN+DNB	0	6,2	1,7	5,1	0,5	6,1	1,6	2,1	1,2	1,6	1,9	7,0
Promedio de daño por buceo en cada localidad				3,3						2,6			
No. total de colonias muestreadas		179	192	179	175	198	181	251	194	253	183	208	201

* DT+DTELCh+Mu+B+E+AA+CM+CF+CC+CI+BP

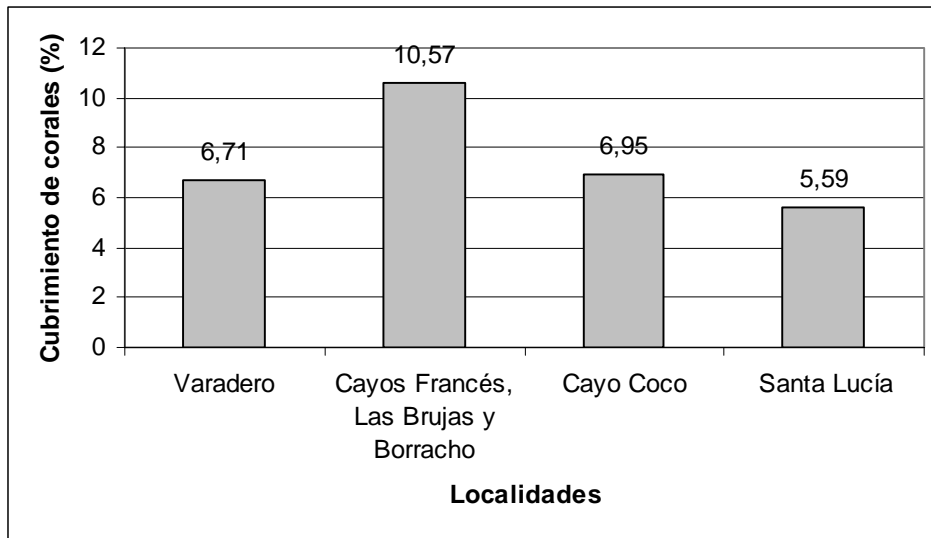


Figura 2. Porcentaje promedio de cubrimiento vivo de corales pétreos en las cuatro localidades del ASC estudiadas.

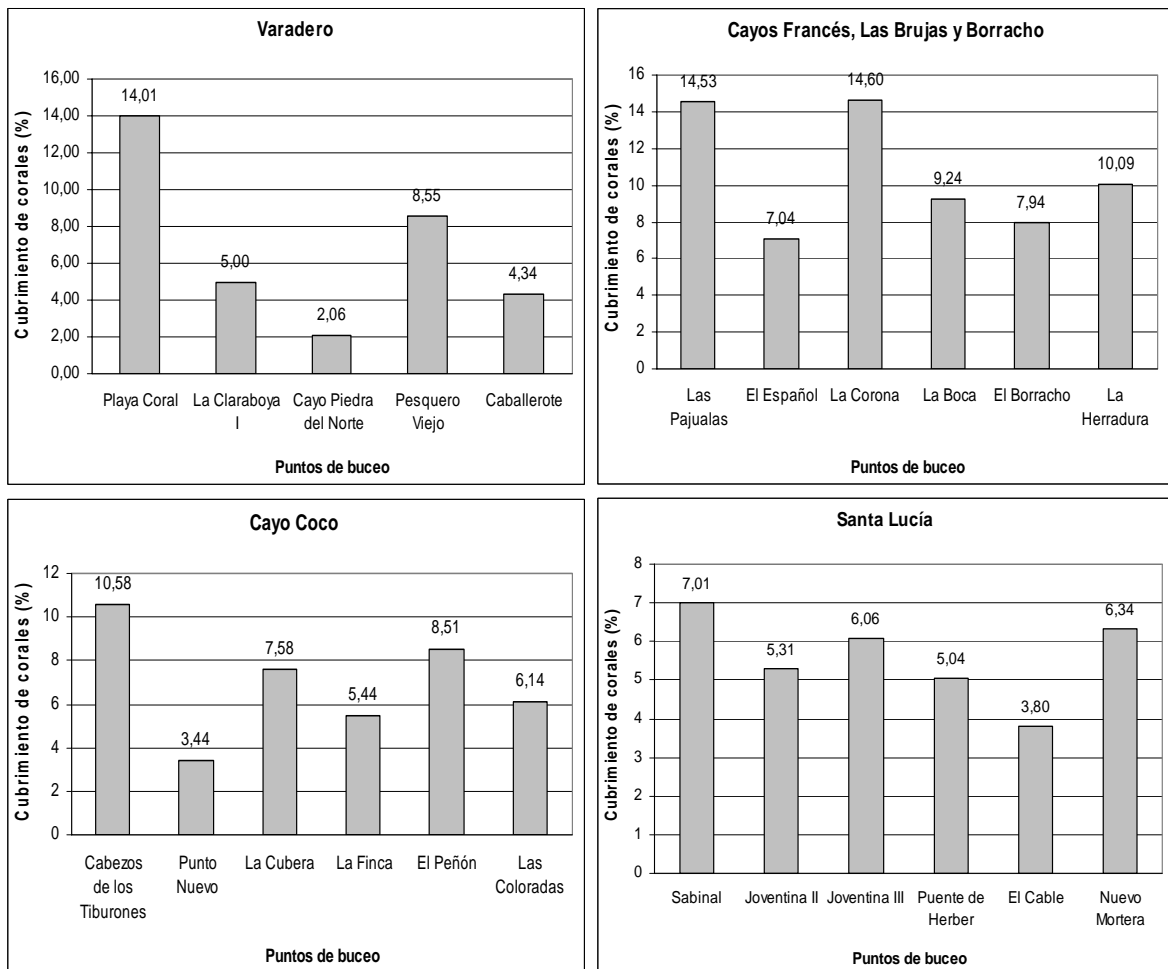


Figura 3. Porcentaje promedio de cubrimiento vivo de corales pétreos en los sitios de buceo de las cuatro localidades del ASC estudiadas.

DISCUSIÓN

Los arrecifes coralinos estudiados no reciben un impacto físico directo de origen antrópico muy fuerte debido a que se encuentran muy lejos del alcance de la mayoría de los pobladores de estas localidades. En el caso de Varadero y Santa Lucía los sitios de buceo se encuentran muy lejos de la costa (excepto Playa Coral en Varadero y Nuevo Mortera en Santa Lucía) y en los cayos del norte de Villa Clara y en Cayo Coco el acceso es limitado. Además existen leyes que prohíben totalmente la pesca en estos sitios, aunque en algunos aún se practica de forma furtiva.

Los porcentajes de daños provocados por el buceo recreativo observados en todos los sitios estudiados fueron menores que lo estipulado por el Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey (menos de 10% según las normas de CNAP) (CNAP, 2006). Nuevo Mortera fue el más afectado por la presencia de corales fracturados. En este sitio predominan las especies *Madracis mirabilis*, *Millepora alcicornis* y *Millepora complanata* las cuales se fragmentan fácilmente con el contacto o golpes con consolas, aletas y anclas de embarcaciones de buceo. Este sitio, ubicado a 3-6 m de profundidad y con fuertes corrientes, es el más afectado por los buceadores debido a que es donde los buceadores hacen la descompresión una vez terminado un espectáculo con tiburones que se lleva a cabo diariamente cerca de aquí a mayor profundidad (27 m).

Los mayores porcentajes de blanqueamiento observados en Santa Lucía y Cayo Coco en comparación con Varadero y la cayería del norte de Villa Clara se deben a que los muestreos de las dos primeras localidades se realizaron en mayo cuando la temperatura del agua todavía no son tan altos, mientras que en las dos últimas se hicieron en agosto, cercano a la fecha en que ocurrió el pico de blanqueamiento del 2010, uno de los más fuertes registrados hasta el momento en Cuba (información inédita de la Red de Monitoreo Voluntario de Alerta Temprana de Arrecifes Coralinos).

Los porcentajes de corales blanqueados, que fueron considerablemente menores en el sitio Nuevo Mortera (Santa Lucía) en comparación con el resto de los sitios estudiados en el ASC, a pesar de haberse muestreado en agosto, pudieran explicarse porque este sitio se encuentra en el canal de entrada de la Bahía de Nuevitas donde el agua es comparativamente más turbia y está sometido a corrientes muy fuertes lo que posibilita una menor penetración de la luz disminuyendo la posibilidad de blanqueamiento aunque las temperaturas sean altas.

Los bajos porcentajes de cubrimiento vivo de corales observados en todos los muestreos pudieran ser el reflejo de arrecifes en estado crítico basados en la escala propuesta por Healthy Reef Initiative (2005) para los arrecifes mesoamericanos. Según González-Ferrer *et al.* (2007), los arrecifes en todo el ASC han sufrido importantes disminuciones del cubrimiento coralino entre 1994 y el 2003. Al comparar nuestros resultados con los obtenidos por González-Ferrer *et al.* (2003) (7,61 % de cubrimiento de corales), se evidencia que no hubo cambio, lo que sugiere que se está practicando el buceo turístico de manera responsable. También pueden estar influyendo la disminución de probabilidad de daño por buzos dada la baja densidad de corales, así como el predominio de especies ambientalmente resistentes.

CONCLUSIONES

1. Los niveles de impacto por buceo, tanto promedio de todos los sitios de buceo evaluados (3%) como por sitio (0-7%), son inferiores al límite establecido (menos de 10%) por las regulaciones de capacidad de carga de visitantes propuestas por el Centro

Nacional de Áreas Protegidas. Por esta razón se concluye que el deterioro de los puntos de buceo evaluados se debe a otras causas.

2. La lejanía de la costa, la limitación de acceso, la prohibición total de la pesca en los sitios de buceo evaluados y cumplimiento de las normas para la explotación sustentable de los arrecifes para el buceo recreativo pueden ser las responsables de la baja incidencia de colonias con daños físicos.
3. El cubrimiento promedio por corales en la presente evaluación (7,46%) no varió en comparación con el promedio obtenido en arrecifes frontales del área del proyecto en 2003 (7,61%), lo que sugiere que se está practicado el buceo turístico de manera responsable. También pueden estar influyendo la disminución de probabilidad de daño por buzos dada la baja densidad de corales, así como el predominio de especies ambientalmente resistentes.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar el uso de boyas de amarre para las embarcaciones, el respeto de la capacidad de carga de los arrecifes y las buenas prácticas del buceo para evitar el impacto físico sobre estos ecosistemas.
2. Tratar de continuar la evaluación del impacto del buceo con cierta sistematicidad más allá de la duración del proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey.
3. Extremar las medidas de precaución de buceo cuando exista blanqueamiento de corales.

REFERENCIAS

Alcolado, P. M., E. E. García y N. Espinosa (Eds.) (1999): "Protección de la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey". Proyecto GEF/PNUD Sabana-Camagüey CUB/92/G31. CESYTA S.L. Madrid, 145 pp.

- Beltrán-Torres, A. U. y J. P. Carricart-Ganivet. 1999. Lista revisada y clave para los corales pétreos zooxantelados (Hidrozoa: Milleporina; Anthozoa: Scleractinia) del Atlántico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 47(4): 813-829.
- Buddemeier, R. W., R. M., J. A. Kleypas y R. B. Aronson (2004). *Coral Reefs and Global Climate change: Potential Contributions of Climate Change to Stresses on Coral Reef Ecosystems*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- CNAP. (2006): *Metodología para capacidad de carga de visitantes en las Áreas Marinas Protegidas de Cuba*. Centro Nacional de Áreas Protegidas. Ciudad de La Habana, 33pp.
- Dustan, P. (1977): Vitality of reef coral populations of key Largo, Florida: Recruitment and mortality. *Environ. Geol.* 2: 51-58.
- Eakin, C. M., Kleypas, J., Hoegh-Guldberg, O. (2008): Global Climate Change and Coral Reefs: Rising Temperatures, Acidification and the Need for Resilient Reefs. En: C. Wilkinson (Ed.) *Status of the Coral Reefs of the World. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre*. Pp. 29-34. Townsville, Australia.
- Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A., Watkinson, A. R. (2003): Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals. *Science*, 301, 958-960.
- González-Ferrer, S. (2004): Catálogo de corales hermatípicos de aguas cubanas. En: S. González-Ferrer (ed.), *Corales pétreos. Jardines sumergidos de Cuba*. Instituto de Oceanología. Editorial Academia. La Habana. 318 pp.
- González-Ferrer, S., Cantelar, K., Pina, F., Jiménez, A., Espinosa, J., Hernández, M. y J. L. Hernández (2007): Estado de los ecosistemas marinos y costeros, y algunas características ambientales y tendencias. En: P. M. Alcolado, E. E. García y M. Arellano-Acosta (eds.), *Ecosistema Sabana-Camagüey. Estado de actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey. CUB/98/G32; CUB/99/G81. Editorial Academia. pp 38-45.
- Healthy Reefs Initiative Field Guide cards (Tarjetas de la Guía para trabajo de campo de la iniciativa Arrecifes Saludables). (2005): Disponible en www.healthyreefs.org
- Hubbard, J. A. y Y. P. Pocock (1972): Sediment Rejection by recent scleractinian corals: A key to paleoenvironmental reconstruction. *Geologische Rundschuge*, 61, 598-626.
- Kolehmainen, S.E. (1973): *Siltation experiments on corals in situ*. Puerto Rico. Final Report Mission 8. PRINUL.
- Loya, Y. (1878): Plotless and transect methods. En: D. R. Stoddart, y R. F. Johannes, (eds.) *Coral Reefs: Research methods*, UNESCO, Paris, pp. 197-217.
- Rogers, C. S., G., Garrison, R. Grober, Z-M. Hillis y M. A. Franke (1994). *Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic*. Virgin Islands National Park, P. O. Box 710, St John, USVI 00803, USA.
- Torres, J. L y J. Morelock (2002): Effect of terrigenous sediment influx on coral cover and linear extension rates of three Caribbean massive coral species. *Caribbean Journal of Science*, 38(3-4): 222-229.