

Evaluación del impacto del buceo en comunidades arrecifales del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (México)

Inés Lopez Ercilla

Proyecto Final de Graduación para Optar por el Título de Máster en Gestión de Áreas Naturales
Protegidas y Desarrollo Ecorregional

Hoja de aprobación

**Universidad Para La Cooperación Internacional
(UCI)**

**Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
Requisito parcial para optar al grado de Máster en
Gestión de Áreas Protegidas y Desarrollo Ecorregional**



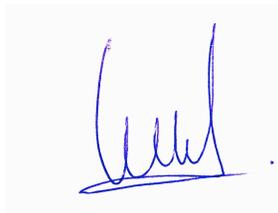
Luis Bourillón Moreno

Profesor Tutor



Vanessa Francisco Ramos

Lectora



Inés López Ercilla

Sustentante

Dedicatoria

A Martina, quien nació al comenzar este máster.

A Juan, mi socio en la vida.

Agradecimientos

A mis padres y hermanos por ser una fuente de conocimiento y apoyo incondicional.

A Florencia Cerutti, Tamara Adame y Ximena Arvizú por los días de monitoreo interminables y divertidos, el trabajo y la amistad. No hubiera sido posible sin ellas; ni sin Gabriel Sánchez e Ixchel García.

A Luis Bourillón por su docencia, conocimiento y acompañamiento.

A Vanessa Francisco por sus reflexiones y orientación así como por su amistad y compromiso con la conservación.

A Joaquín, Paz, Kevin, Edwin, el capi Luis y Donny por facilitar las labores de campo haciendo mucho más que llevar la lancha y ayudar a cargar equipos.

A Milena, Carlos, Erika y Nathalia por permitirme aprender de ellos y con ellos a lo largo de la maestría.

Al equipo del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, algunos ya mencionados, por su contribución a la conservación de una maravillosa porción del Sistema Arrecifal Mesoamericano.

Parte de este proyecto fue apoyado por el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) a través del subsidio PROMANP/MB/RPYyCM/0002/2016.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.1.1. Turismo de buceo	3
1.1.2. Buceo en Áreas Marinas Protegidas	5
1.2. Antecedentes	6
1.2.1. Medio natural y socioeconómico	6
1.2.2. Metodológicos	9
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIALES Y MÉTODO	12
3.1. Área de estudio	12
3.2. Método	18
3.2.1. Evaluación del impacto	18
3.2.2. Trabajo de campo	20
3.2.3. Especificaciones del método	23
3.2.3.1. <i>Temporada alta de verano</i>	28
3.2.3.2. <i>Temporada baja</i>	30
3.2.3.3. <i>Temporada alta de invierno</i>	33
3.2.4. Esfuerzo de muestreo	35
3.2.4.1. <i>Buceo Autónomo</i>	39
3.2.4.2. <i>Buceo Libre</i>	40
3.2.5. Visitas de verificación	41
3.2.6. Encuestas	43
4. RESULTADOS	44
4.1. Buceo Autónomo	44
4.1.1. Sitios más visitados	44
4.1.2. Análisis de impactos	44
4.1.3. Tipo de Fondo	47
4.1.4. Presencia de Acropora	49
4.1.5. Profundidad	49
4.2. Buceo Libre	50
4.2.1. Sitios más visitados	50
4.2.2. Análisis de impactos	51
4.2.3. Tipo de Fondo	59
4.2.4. Presencia de Acropora	62
4.2.5. Profundidad	62
4.3. Encuestas	63
4.4. Visitas de verificación	65
5. DISCUSIÓN	73
5.1. Esfuerzo de muestreo	75

5.2. Sitios evaluados	76
5.3. Tratamiento de los datos para buceo autónomo y libre	77
5.3.1. Sitios más visitados	78
5.3.2. Análisis de impactos	79
5.3.3. Tipo de fondo	83
5.3.4. Presencia de Acropora	83
5.3.5. Profundidad	84
5.4. Encuestas y visitas de verificación	85
6. CONCLUSIONES	88
7. RECOMENDACIONES	90
7.1. Recomendaciones metodológicas	90
7.2. Recomendaciones de manejo	92
REFERENCIAS	97
ANEXO 1. FORMATO DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS	103
ANEXO 2. FORMATO PARA VISITA DE VERIFICACIÓN	104
ANEXO 3. FORMATO PARA TOMA DE DATOS GENERALES DEL GRUPO	105
ANEXO 4. FORMATO ENCUESTAS	106
ANEXO 5. CALENDARIO DE ACTIVIDADES	107
ANEXO 6. AVISO DE RESTRICCIÓN A LA NAVEGACIÓN CON MOTIVO DE LA CoP 13 DEL CDB.	108
ANEXO 7. PERMISO PARA EMBARCACIÓN “TAMARA” USADA EN EL MONITOREO	109

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE PUERTO MORELOS EN EL CARIBE MEXICANO (FLECHA ROJA). EN VERDE, SE MARCAN LOS HUMEDALES COSTEROS. EN ROSA, BORDEANDO LA COSTA, EL SISTEMA ARRECIFAL MESOAMERICANO. FUENTE: KRAMER & KRAMER, 2002.....	15
FIGURA 2. MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL ÁREA MARINA PROTEGIDA. FUENTE: INE, 2000.....	16
FIGURA 3. MAPA DE UNIDADES ARRECIFALES DEL POLÍGONO DEL PARQUE NACIONAL. FUENTE: INE, 2000.	17
FIGURA 4. MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO CON LOS SITIOS DE BUCEO LIBRE (VERDE) Y AUTÓNOMO (ROJO).	22
FIGURA 5. TIPO DE FONDO OBSERVADO EN LAS JORNADAS DE MONITOREO DE BUCEO AUTÓNOMO DURANTE LAS TAV Y TB, JUNTAS.	48
FIGURA 6. IMPACTOS REGISTRADOS (NÚMERO DE EVENTOS OBSERVADOS) DURANTE LOS MONITOREOS EN TEMPORADA ALTA DE VERANO, POR SITIO. EL NÚMERO Y TAMAÑO DE LAS SILUETAS REPRESENTAN LA CANTIDAD DE BUZOS CON BASE EN LA TABLA 17.	55
FIGURA 7. IMPACTOS REGISTRADOS DURANTE EL MONITOREO EN LA TEMPORADA BAJA, POR SITIO. LAS SILUETAS REPRESENTAN LA CANTIDAD DE BUZOS CON BASE EN LA TABLA 17.	56
FIGURA 8. IMPACTOS REGISTRADOS DURANTE LOS MONITOREOS EN TEMPORADA ALTA DE INVIERNO, POR SITIO. EL TAMAÑO Y NÚMERO DE LAS SILUETAS REPRESENTAN LA CANTIDAD DE BUZOS CON BASE EN LA TABLA 17.	57
FIGURA 9. TIPO DE FONDO OBSERVADO DURANTE LOS EVENTOS DE MONITOREO EN BUCEO LIBRE DURANTE LAS TAV, TB Y TAI JUNTAS.	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. SITIOS DEL PNAPM SELECCIONADOS PARA EL MONITOREO DEL IMPACTO DE VISITANTES EN ARRECIFES DE CORAL DURANTE ACTIVIDADES DE BUCEO AUTÓNOMO Y BUCEO LIBRE. LAS COORDENADAS SE PRESENTAN EN UTM 16Q.....	23
TABLA 2. RELACIÓN DE RÉPLICAS DE MONITOREO POR SITIO Y TEMPORADA DE BUCEO AUTÓNOMO. LA PRIMERA LETRA (M, T, C, B, P) CORRESPONDE A LAS INICIALES DE LA UNIDAD ARRECIFAL.	26
TABLA 3. RELACIÓN DE MONITOREO POR SITIO POR TEMPORADA, PARA BUCEO LIBRE. LAS PRIMERAS DOS LETRAS (BZ, TN, TS, BO, RO Y UNA LETRA PARA EL OJO DE AGUA -O-) CORRESPONDEN A LAS INICIALES DE LA UNIDAD ARRECIFAL.	27
TABLA 4. NÚMERO DE RÉPLICAS PLANIFICADAS VS. EFECTIVAS PARA LAS TRES TEMPORADAS DE MONITOREO: ALTA DE VERANO (TAV), BAJA (TB) Y ALTA DE INVIERNO (TAI); PARA BUCEO AUTÓNOMO (BA) Y BUCEO LIBRE (BL).	35
TABLA 5. RÉPLICAS DE MONITOREO DURANTE LA TEMPORADA ALTA DE VERANO (TAV). EL VALOR DE LA COLUMNA "EFECTIVA" INDICA PRESENCIA DE BUZOS (1 = RÉPLICA REALIZADA) O AUSENCIA DURANTE EL TIEMPO DE ESPERA (0= RÉPLICA NO REALIZADA).	36
TABLA 6. RÉPLICAS DE MONITOREO DURANTE LA TEMPORADA BAJA (TB). SE INDICA SI LA RÉPLICA FUE EFECTIVA (1= PRESENCIA DE BUZOS) O NO (0= AUSENCIA).	37
TABLA 7. RÉPLICAS DE MONITOREO DURANTE LA TEMPORADA ALTA DE INVIERNO (TAI). SE INDICA SI LA RÉPLICA FUE REALIZADA (1=PRESENCIA DE BUZOS) O NO (0= AUSENCIA).	38
TABLA 8. RÉPLICAS DE BUCEO AUTÓNOMO EFECTIVAS DURANTE LA TEMPORADA ALTA DE VERANO (TAV) Y LA TEMPORADA BAJA (TB), POR SITIO.....	40
TABLA 9. RELACIÓN DE RÉPLICAS DE BUCEO LIBRE EFECTIVAS DURANTE LA TEMPORADA ALTA DE VERANO (TAV), TEMPORADA BAJA (TB) Y TEMPORADA ALTA DE INVIERNO (TAI), PROGRAMADAS Y EFECTIVAS; TOTALES Y POR SITIO.	41
TABLA 10. TOTAL DE BUZOS REGISTRADOS POR TEMPORADA. TAV= TEMPORADA ALTA DE VERANO; TB= TEMPORADA BAJA.....	44
TABLA 11. IMPACTOS REGISTRADOS POR MINUTO, DURANTE MEDIA HORA, EN EL BUCEO AUTÓNOMO DURANTE LA TEMPORADA ALTA DE VERANO (TAV) Y LA TEMPORADA BAJA (TB).	46

TABLA 12. ORIGEN DEL IMPACTO "TOCANDO CORAL" PARA BUCEO AUTÓNOMO. A= ALETA; M= MANO; P=PIERNA; E= EQUIPO; T=TANQUE; ND= NO DETERMINADO.	46
TABLA 13. ORIGEN DEL IMPACTO "LEVANTANDO SEDIMENTO" PARA BUCEO AUTÓNOMO. ND= NO DETERMINADO.....	47
TABLA 14. FONDO REGISTRADO POR SITIO EN BUCEO AUTÓNOMO EN TEMPORADA ALTA DE VERANO Y TEMPORADA BAJA.....	48
TABLA 15. REGISTROS DE <i>ACROPORA</i> DURANTE EL MONITOREO DE BUCEO AUTÓNOMO, EN TEMPORADA ALTA DE VERANO Y TEMPORADA BAJA. %= PROPORCIÓN DE LOS REGISTROS DE CADA ESPECIE DEL TOTAL REGISTRADO POR SITIO.	49
TABLA 16. PROFUNDIDAD EN METROS DE LOS SITIOS DE MONITOREO PARA BUCEO AUTÓNOMO EN TEMPORADA ALTA DE VERANO Y TEMPORADA BAJA.	50
TABLA 17- TOTAL Y PROMEDIO DE BUZOS REGISTRADOS POR TEMPORADA. TAV= TEMPORADA ALTA DE VERANON; TB= TEMPORADA BAJA; TAI= TEMPORADA ALTA DE INVIERNO. SE RESALTAN EN NEGRITIA LOS VALORES MÁS ALTOS.	51
TABLA 18. IMPACTOS REGISTRADOS POR MINUTO (TIEMPO MÁXIMO = 30 MINUTOS) DURANTE EL MONITOREO DEL BUCEO LIBRE, PARA LAS TRES TEMPORADAS.	52
TABLA 19. ORIGEN DEL IMPACTO "TOCANDO CORAL" EN BUCEO LIBRE. A= ALETA; M= MANO; P= PIERNA; ND= NO DETERMINADO.....	58
TABLA 20. ORIGEN DEL IMPACTO "LEVANTANDO SEDIMENTO" EN BUCEO LIBRE. ND= NO DETERMINADO.	59
TABLA 21. FONDO REGISTRADO EN SITIOS DE BUCEO LIBRE, JUNTANDO TEMPORADAS, POR SITIO.	61
TABLA 22. REGISTROS DE <i>ACROPORA PALMATA</i> Y <i>ACROPORA CERVICORNIS</i> DURANTE EL MONITOREO DE BUCEO LIBRE EN LAS TEMPORADA ALTA DE VERANO Y BAJA. %= PROPORCIÓN DE LOS REGISTROS DE CADA ESPECIE, DEL TOTAL REGISTRADO POR SITIO.	62
TABLA 23. PROFUNDIDAD MEDIA EN LOS SITIOS DE BUCEO LIBRE MONITOREADOS.	63
TABLA 24- LISTA DE LUGARES MÁS VISITADOS PARA BUCEO AUTÓNOMO (BA) Y BUCEO LIBRE (BL) CON CARACTERÍSTICAS MENCIONADAS POR LOS OPERADORES DE TURISMO.....	67
TABLA 25. COORDENAS DE LOS SITIOS MÁS VISITADOS SEGÚN LAS ENCUESTAS, POR ACTIVIDAD. BA= BUCEO AUTÓNOMO; BL= BUCEO LIBRE.	68

TABLA 26. DESCRIPCIÓN OBTENIDA DURANTE LAS VISITAS DE VERIFICACIÓN A LOS TRES LUGARES MÁS VISITADOS POR LOS OPERADORES DE BUCEO AUTÓNOMO.	69
TABLA 27. DESCRIPCIÓN OBTENIDA DURANTE LAS VISITAS DE VERIFICACIÓN A LOS TRES LUGARES MÁS VISITADOS POR LOS OPERADORES DE BUCEO LIBRE.....	70
TABLA 28. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS TRES SITIOS FAVORITOS DE BUCEO AUTÓNOMO; COMPARACIÓN ENTRE LA INFORMACIÓN ENLISTADA POR LOS OPERADORES TURÍSTICOS Y LA INFORMACIÓN RECABADA DURANTE LAS VISITAS DE VERIFICACIÓN...	71
TABLA 29. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS TRES SITIOS DE BUCEO LIBRE MÁS MENCIONADOS; COMPARANDO CON LA INFORMACIÓN ENLISTADA POR LOS OPERADORES TURÍSTICOS Y LAS VISITAS DE VERIFICACIÓN.	72

RESUMEN

El turismo de buceo autónomo (SCUBA) y buceo libre (snorkel) encuentra en las áreas marinas protegidas, espacios de alto valor ecológico y paisajístico, lo que atrae a este tipo de visitantes. Sin embargo, el impacto de las actividades de buceo recreativo no ha sido cuantificado en la mayoría de las áreas marinas protegidas del Caribe mexicano. Un estudio publicado en 2013 por el Parque Nacional Arrecife de Cozumel para cuantificar el impacto de los buzos en seis sitios, sirve de referencia para este estudio con el fin de obtener datos que puedan ser comparados a nivel regional y contribuyan a la toma de decisiones.

El presente estudio investiga los efectos del turismo de buceo autónomo y buceo libre sobre comunidades coralinas del Sistema Arrecifal Mesoamericano en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (México). En Puerto Morelos, más de 200,000 turistas visitan el Parque Nacional cada año. Adaptando la metodología “*Hol Chan*” *Evaluating Visitor Impact on Reef Health*, (McField and Thompson, 2009), se cuantificó el impacto de los visitantes que realizan buceo autónomo (SCUBA) y libre (snorkel) en los arrecifes coralinos del área protegida. Se evaluaron cinco sitios de buceo autónomo y seis sitios de buceo libre en el parque nacional, durante 3 temporadas con diferente visitación. Se registró el comportamiento de los buzos, durante recorridos de 30 minutos, así como la intensidad de uso de cada sitio. Adicionalmente, se realizaron encuestas entre los centros de buceo para conocer los sitios más visitados y poder proponer ajustes metodológicos para futuras campañas de monitoreo. Las categorías de impactos registradas con mayor frecuencia para buceo autónomo y buceo libre fueron “tocando coral” y “levantando sedimento”, realizados en ambos casos por los buzos visitantes (clientes) con las aletas. Para el buceo autónomo, se encontró que el 33% de las nubes de sedimento levantadas con las aletas, provienen de los guías. Estos impactos son de naturaleza accidental y están relacionados con la experiencia y habilidades en el agua de buzos y guías, por lo que se debe considerar en los eventos de capacitación de guías para mejorar el manejo de grupos. Resulta esencial contar con datos que contribuyan a un manejo sostenible de visitantes con aras de reducir los impactos derivados de estas actividades turísticas y contribuir a la conservación de ecosistemas frágiles como los arrecifes coralinos.

Palabras clave: Gestión, áreas marinas protegidas, Caribe mexicano, manejo de visitantes, Sistema Arrecifal Mesoamericano

ABSTRACT

SCUBA divers and snorkellers find marine protected areas highly attractive for this activities. However, the impact of recreational diving has not been quantified in most marine protected areas of the Mexican Caribbean. A study published in 2013 by the National Park Reefs of Cozumel quantifying the impact of divers in six sites, represents the most important reference for this study, hence aimed to contribute with more data so that results can be compared and used at a regional level to contribute to decision-making.

This study researches the effects of SCUBA diving and snorkelling tourism on coral communities of the Mesoamerican Reef in the National Park Reef of Puerto Morelos (Mexico). In Puerto Morelos, more than 200,000 tourists visit the National Park each year. Adapting the "*Hol Chan*" methodology for Evaluating Visitor Impact on Reef Health, (McField and Thompson, 2009), this study quantified the impact of SCUBA and snorkel visitors on coral reefs in the protected area. Five SCUBA diving sites and six snorkelling sites were evaluated in the national park during three different seasons. The behavior of SCUBA divers and snorkellers was evaluated during 30 minutes and the intensity of use of each site was recorded. In addition, a survey was conducted among the diving centers to know the most visited sites and to be able to propose methodological adjustments for future monitoring campaigns. The categories of impacts most frequently recorded for SCUBA diving and snorkelling were "touching coral" and "sedimentation", by visitors with the fins. For SCUBA diving, it was found that a 33% of the sediment clouds raised with the fins, came from the guides. These impacts are of an accidental nature and are related to the experience of divers and guides, so it should be considered in the training courses for guides aimed to improve group-management skills. It is essential to have data that contribute to sustainable management of visitors in order to reduce the impacts of these tourist activities and contribute to the conservation of fragile ecosystems such as coral reefs.

Keywords: Management, marine protected areas, Mexican Caribbean, visitor management, Mesoamerican Reef.

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marino-costeros están siendo deteriorados a nivel global (McCauley et al., 2015) y dada la situación actual de incremento de la población mundial, uso de los recursos y el cambio climático, esta degradación se está dando de forma acelerada (Duarte, et al., 2006). Las alteraciones resultantes sobre la composición y funcionalidad ecosistémica amenazan la biodiversidad marina (Sala & Knowlton, 2006) así como los bienes y servicios ecosistémicos (protección de la línea de costa, alimentación, calidad del agua), que sustentan a cientos de millones de personas (Millenium Ecosystem Assesment, 2005).

1.1. Justificación

Los arrecifes coralinos, como los del Caribe mexicano, acogen una alta biodiversidad, siendo hábitat de alimentación, cría y refugio del 25% de las especies marinas (Sheppard, Davy, & Pilling, 2009). Son recursos valiosos para las comunidades humanas ya que proveen de beneficios sociales, culturales, y de sustanciales recursos económicos a través de actividades tales como la pesca y el turismo (McField & Kramer, 2007). Por su belleza escénica y la riqueza de especies que alberga, los arrecifes de coral atraen a un gran número de visitantes que realizan actividades acuáticas (Reyes, et al., 2008), lo que ha incrementado la preocupación por el daño derivado de estas actividades.

Los arrecifes se encuentran entre los ecosistemas más vulnerables frente a amenazas locales como la sobrepesca, la contaminación de las aguas y el turismo náutico (Harriot, Davis, & Banks, 1997; Burke, Bryant, McManus, & Spalding, 1998; Rodríguez-Martínez, Banaszak, McField, Beltrán-Torres, & Álvarez-Filip, 2014); y globales como el cambio climático (Duarte, et al., 2006). Su rango de distribución es limitado debido a las condiciones particulares que

necesitan para su supervivencia: aguas cálidas, con pocos nutrientes, muy transparentes, con corrientes y ecosistemas asociados como las praderas marinas y los manglares (Sheppard, Davy, & Pilling, 2009).

Además los arrecifes han enfrentado una reducción drástica de sus poblaciones a nivel global, alterándose las tramas tróficas y otros procesos naturales (Rogers & Beets, 2001; McField & Kramer, 2007). Particularmente, en el Caribe las poblaciones de algunos de los corales hermatípicos (formadores de arrecife) se vieron reducidas tras un evento de mortalidad masivo en los años 80 (Rodríguez-Martínez et al., 2014). Estas transformaciones impactan sobre las poblaciones de otros animales que dependen de ellos para alguna o todas las etapas de su ciclo de vida como peces, crustáceos o moluscos de importancia comercial y ecológica.

Debido a que la sobreexplotación -extractiva o no- trae consigo pérdida de biodiversidad, enfermedades e impactos directos que disminuyen la capacidad del ecosistema de recuperarse ante impactos de mayor escala; existe una necesidad creciente de manejar los impactos locales como los generados por las actividades de buceo, para comprender mejor el comportamiento de estos visitantes especialmente en áreas naturales protegidas marinas (Barker & Roberts, 2004).

El manejo de los recursos naturales requiere de información científica puntual y actualizada, así como la inclusión de actores relevantes provenientes de los diversos niveles de gobierno, instituciones académicas y de la sociedad civil organizada, para lograr un aprovechamiento sostenible de los mismos. En regiones con un flujo turístico tan elevado como el que presenta la Riviera Maya (CONCANACO / SERVYTUR, 2016) el manejo de visitantes y su impacto, especialmente dentro de áreas protegidas, es clave para la sostenibilidad de ecosistemas frágiles como los arrecifes coralinos (Abidin & Mohamed, 2014). El impacto de las

actividades acuáticas de recreación no ha sido debidamente cuantificado en la mayoría de las áreas marinas protegidas del Caribe mexicano. En Puerto Morelos, se estima que 200,000 turistas visitaron el área en 2016 (presentación PNAPM, 2017), calculado con base al cobro de derechos obligatorio para las áreas naturales protegidas de México.

Por ello, se propuso evaluar el impacto de los visitantes que realizan buceo autónomo (SCUBA) y libre (con snorkel) en los arrecifes coralinos del área protegida Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM) aplicando la metodología “*Hol Chan*” *Evaluating Visitor Impact on Reef Health* (McField & Thompson, 2009). El método recibe su nombre del maya “pequeño hoyo” y es también el nombre de un área marina protegida, la más antigua de Belice, ubicada a 4 millas al sureste de San Pedro donde se implementó la metodología por primera vez.

1.1.1. Turismo de buceo

En el año 2016, más de 1100 millones de personas viajaron por todo el mundo, de los cuales el 16% lo hicieron a América (UNWTO, 2016). La Organización Mundial del Turismo (OMT) prevé que el tránsito de turistas internacionales se incremente anualmente un 3,3% hasta alcanzar los 1800 millones de viajeros en 2030 (UNWTO, 2011).

México está entre los diez países del mundo que más turistas internacionales recibe y se pronostica que esta tendencia continúe aumentando (SECTUR, 2014). El turismo de México contribuye al 8.7% del Producto Interno Bruto (PIB) creando el 5.9% de los empleos a nivel nacional, siendo Quintana Roo el Estado que más turistas recibe de México: de los turistas internacionales que visitaron México, más de 10 millones llegaron a Quintana Roo para disfrutar de sus destinos de sol y playa (SEDETUR, 2016) y actividades náutico-recreativas. De

entre ellas, el turismo de buceo representa en la región el 10% de los viajeros (Burke & Maidens, 2005).

La OMT calculó que el valor anual del turismo de buceo internacional para el año 2000 fue de 5000 millones de USD (UNWTO, 2001); concentrándose en buena parte en el Caribe donde se estimó una derrama de entre mil y dos mil millones de dólares (Santander Botello & Propin Frejomil, 2009).

La importancia del buceo en la industria del turismo mundial ha aumentado considerablemente en las dos últimas décadas, incrementándose el número de buzos certificados (PADI, 2016). El turismo de buceo es además un nicho de valor alto. En el Caribe, el gasto promedio de los turistas que bucean es 60-80% mayor que el de otros turistas (Burke & Maidens, 2005).

El buceo representa un sector en auge a nivel mundial, nacional y local. La tendencia en las cifras de turistas de buceo corresponde con un período de expansión de la industria, que genera además una derrama económica mayor que otras actividades turísticas.

El turismo de buceo genera además una derrama económica importante. Por ejemplo, en el Mediterráneo se ha cuantificado que una disminución del 50% en la cobertura de corales representaría pérdidas económicas de 19 USD por inmersión debido a la disminución del nivel de satisfacción de los buzos. En un escenario más extremo, donde se encuentre extinción local de las especies importantes de coral, se produciría una pérdida aproximada de 67 USD por inmersión (Rodrigues, Van Den Bergh, Loureiro, Nunes & Rossi, 2016). El estudio de Rodrigues et al. (2016) destaca el aumento de datos que relacionan las actividades antropogénicas con el deterioro de los ecosistemas por dos motivos: la evidencia de una creciente preocupación por los ecosistemas marinos y el reconocimiento del rol mayoritario del

ser humano como factor de cambio. Sin embargo, sorprende el limitado interés que el turismo de buceo y su relación con la salud ecosistémica despierta en la comunidad científica (Garrod & Gössling, 2008).

Quintana Roo contiene algunos de los destinos turísticos más demandados a nivel internacional: Cancún y Riviera Maya. Otro destino famoso internacionalmente es la Isla de Cozumel, uno de los puertos de desembarco de cruceros con más tráfico en el mundo, llegando a superar en más de seis veces su población durante la temporada alta turística (INEGI, 2016; SEDETUR, 2016). Cozumel es también una de las mecas históricas del buceo a nivel mundial.

Según la Secretaría de Turismo del Estado (SEDETUR) durante 2015, Cancún y la Riviera Maya acogieron, cada uno, más de 4,6 millones de visitantes. En su mayor parte se trata de turismo masivo de sol y playa, que dejaron en Cancún (2015) una derrama económica de más de 440 millones de pesos (SEDETUR, 2016).

1.1.2. Buceo en Áreas Marinas Protegidas

Los arrecifes coralinos de todo el mundo atraen un número cada vez mayor de turistas, lo que provoca una creciente preocupación por los daños derivados de las actividades de buceo (Santander Botello & Propin Frejomil, 2009). Las áreas marinas protegidas son espacios que ofrecen un indudable atractivo en los que se vuelve más importante realizar un seguimiento del comportamiento de los buzos, con fines de manejo.

En México, la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (SEMARNAT, 2012) regula entre otras cosas las categorías de designación de áreas naturales protegidas y describe los Parques Nacionales en su artículo 50:

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

Por tanto, un Parque Nacional debe, por definición, permitir el desarrollo de actividades turísticas, proveyendo facilidades para la recreación y favoreciendo el desarrollo de actividades productivas (Reyes, et al., 2008). Tradicionalmente, el buceo con fines recreativos, ha sido percibido como una actividad de bajo impacto ambiental (Harriot et al., 1997; Zakai & Chadwick-Furman, 2002). Sin embargo el incremento en el número de buzos se ha elevado especialmente en las últimas décadas, con más de 24 millones de buzos certificados desde 1967, según PADI (2016).

La relación entre los impactos derivados del turismo y la salud de los recursos naturales ha sido ampliamente estudiada en ambientes terrestres (Lindeberg & McCool, 1998; Rapport, et al., 1998; Kline, 2001). Sin embargo, no se ha profundizado en esta relación para el medio marino.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Medio natural y socioeconómico

Puerto Morelos es una pequeña ciudad de tradición pesquera ubicada en el Estado de Quintana Roo. Se trata de uno de los puertos más antiguos del Estado. Su historia moderna se remonta a 1898 ya que su ubicación y características generan un entorno protegido por el sistema arrecifal y de humedales costeros, que a la vez proporcionan y motivan el sustento de

una sociedad ligada a la costa. La pesca y el turismo de bajo impacto dominaron los arrecifes de Puerto Morelos hasta finales del siglo XX (INE, 2000).

El 2 de febrero de 1998, se decretó el PNAPM (DOF, 1998) para preservar la biodiversidad del ecosistema arrecifal coralino, con especial interés en la conservación de las dos especies de corales formadores de arrecife (*Acropora palmata* y *A. cervicornis*) sujetos a protección especial a nivel nacional. Ambas especies se encuentran también en la Lista Roja como críticamente amenazadas (IUCN, 2017). El Programa de Manejo se publicó dos años después del decreto y en su elaboración participó activamente la comunidad local (INE, 2000).

Puerto Morelos simboliza un claro contraste entre dos grandes destinos turísticos: Cancún y Riviera Maya. El poblado es visitado por turistas nacionales y extranjeros, que vienen a disfrutar de las condiciones de tranquilidad del sitio, así como para desarrollar actividades recreativas relacionadas con los recursos marinos como descanso en playa, natación, buceo libre y autónomo, aprovechando la presencia de formaciones arrecifales a corta distancia de la playa. Estas son de gran relevancia ecológica y socio-cultural y se ubican en el margen norte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), la segunda barrera arrecifal más larga a nivel global (Spalding, Ravilious & Green, 2001). Se trata de un ecosistema de aproximadamente 1,000 km de longitud que comprende cuatro países. Inicia en Cabo Catoche, al norte de Quintana Roo, México, bordea las costas de Belice y Guatemala y finaliza en el complejo Islas de la Bahía/Cayos Cochinos en la costa norte de Honduras (García-Salgado, et al., 2006).

Pasadas casi dos décadas desde su declaración, la situación social, cultural y económica, del PNAPM ha cambiado como consecuencia del desarrollo económico, la existencia de tecnologías avanzadas de explotación de recursos, la apertura de nuevas vías de comunicación (carreteras, caminos, rutas de navegación), los movimientos migratorios de población que

ocurren principalmente en sentido unidireccional hacia la costa, y el desarrollo de servicios y equipamientos obligado por la existencia de nuevos asentamientos. La población de Puerto Morelos incrementó de casi 900 (INE, 2000), a más de 9,000 habitantes (INEGI, 2010) en diez años. Recientemente, se decretó el Municipio de Puerto Morelos con lo que se prevé un aumento de la inversión y con ello, de la presión de uso turístico.

Paralelamente, el PNAPM ha pasado de tener 131 permisionarios autorizados en el año 2000, a 365 en 2015. Este incremento se debe principalmente al aumento de embarcaciones no motorizadas (kayak, hobbycat, etc), pero también se ha observado un mayor número de autorizaciones para embarcaciones menores motorizadas para la actividad de buceo autónomo, fruto del creciente interés por este tipo de turismo subacuático. Aunque el parque cuenta con una base de datos de las autorizaciones y permisos turístico-recreativos, los permisos sólo muestran los sitios autorizados y no reflejan dónde se realizan exactamente las actividades. Así mismo, ahora se otorgan permisos para realizar buceo autónomo desde la costa. Los sitios autorizados cubren polígonos relativamente amplios que pueden contener varios sitios visitados. Conocer los lugares más visitados es prioritario para evaluar los impactos derivados de la visita de las zonas autorizadas.

Adicionalmente, el Programa de Manejo del PNAPM, recoge numerosas restricciones de uso, regula actividades e incluye específicamente la prohibición de dañar el arrecife por impactos antrópicos directos en la fracción V, regla 76, Programa de Manejo: “Tocar, pararse, dañar, pisar, sujetarse, arrastrar equipo, remover el fondo marino o provocar sedimentación sobre las formaciones y organismos arrecifales” (INE, 2000, p. 136).

En el buceo libre los sitios autorizados cuentan con boyas de amarre. El anclaje está prohibido en la fracción V, regla 76, Programa de Manejo del PNAPM (INE, 2000) y la

actividad requiere un descenso pausado y seguro. El buceo autónomo se realiza mayormente a la deriva, aunque existen sitios usados que cuentan con boyas (Barco hundido C56, La Bocana, La Pared).

Este incremento se ha visto reflejado en un aumento de la visitación, de 150.000 visitantes/anuales en 2012 a más de 200.000 en 2016 (PNAPM, sin publicar). Maldonado Cuevas (2006) registró un 53% de aumento en la carga de visitantes que realizan buceo libre en el PNAPM, en comparación con 2004.

En el momento en que se publicó el Programa de Manejo, el contexto socio- económico era muy diferente. El incremento poblacional trae consigo más usuarios y más estructura receptiva para el turismo; pero también crecimiento urbano desordenado, carencias en el tratamiento de aguas, contaminación, sobreexplotación y más usuarios que generan impactos directos e indirectos.

1.2.2. Metodológicos

A medida que se populariza la actividad de buceo, van surgiendo estudios que buscan comprender mejor los impactos derivados de este tipo de visitantes (Hawkins & Roberts, 1992; Harriot et al., 1997; Barker & Roberts, 2004; McField & Thompson, 2009).

Los lugares con mayor visitación de buzos como Egipto (Mar Rojo) o Australia (Gran Barrera) ofrecen algunos ejemplos, aunque los métodos aplicados tienen enfoques muy variados; desde uso de cuadrantes (Hawkins & Roberts, 1992) a recorridos (PNAC / CONANP, 2013).

Zakai & Chadwick-Furman (2002) cuantificaron seis tipos de impactos durante diez minutos, en 12 sitios arrecifales someros con alta visitación del Mar Rojo. Durante el estudio recabaron información de las bitácoras de buceo de los centros locales y escogieron los lugares conforme a la intensidad de uso.

En las ANP del Caribe mexicano, los lugares se han venido escogiendo en función de los sitios autorizados y la disponibilidad de datos de monitoreo biofísico del Programa de Monitoreo Biológico (PROMOBI) que financia la CONANP.

Por otro lado, Santander (2009), señala en su estudio en Cozumel (México) que los impactos del buceo dependen de las características específicas de cada sitio así como de sus modalidades de uso, en particular la experiencia de los buzos. Esta variable no siempre se determina.

En el Sistema Arrecifal Mesoamericano, McField & Thompson (2009) propusieron la metodología “*Hol Chan*” *Evaluating Visitor Impacts on Reef Health*, que permite cuantificar el impacto de los buzos de snorkel en sitios arrecifales realizando transectos de 20 minutos. Se aplicó en Belice en un caso de estudio que relacionaba el comportamiento y la calidad de la información que proveen los guías antes y después de conocer los resultados del estudio (McField & Thompson, 2009).

En el Caribe mexicano, la mayoría de los estudios relacionados con el impacto de los buzos están orientados a determinar la capacidad de carga. Por ejemplo, en 2008, Reyes, et al. estimaron el número de buzos en el PNAPM. En el estudio, se evaluaron 17 sitios, para los que

se estimaron el número de buzos ese año (más de 230.000) y la capacidad de carga (350.000 buceos/año). Esto significa algo más de 900 inmersiones al día.

Sin embargo, un estudio de Límite de Cambio Aceptable y Capacidad de Carga realizado igualmente en el PNAPM (OCEANUS, 2014) sugiere cifras de capacidad de carga diferenciadas por actividad: más de 230.000 para buceo autónomo y más de 400.000 para buceo libre al año. El mismo estudio apunta la necesidad de iniciar un programa de monitoreo de impactos derivados del turismo para contribuir a la toma de decisiones de manejo.

En cuanto a estudios específicos para evaluar el impacto de los buzos en áreas marinas protegidas del Caribe mexicano, en Cozumel, el Parque Nacional adaptó la metodología de McField & Thompson (2009) y llevó a cabo el monitoreo incrementando el tiempo de observación a 30 minutos, agregando variables de impacto e incluyendo la actividad de buceo autónomo (PNAC / CONANP, 2013).

Este estudio aplica la metodología del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel con el fin de obtener datos comparables que podrían permitir contar con una futura red de monitoreo de estos impactos en sitios arrecifales del Caribe mexicano. Teniendo en cuenta que muchos buzos se trasladan durante su estancia a lo largo de la Riviera Maya, los esfuerzos de conservación de las áreas marinas protegidas (AMP) deben ir alineados.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el impacto del buceo libre y buceo autónomo en los arrecifes coralinos del PNAPM.

Objetivos específicos

1. Evaluar el comportamiento de los buzos y su relación con los impactos directos sobre el arrecife en nueve sitios de monitoreo durante tres temporadas turísticas.
2. Identificar y caracterizar los sitios más visitados para el buceo libre y el buceo autónomo mediante encuestas con operadores turísticos.
3. Caracterizar los cinco sitios más visitados identificados en las encuestas mediante verificaciones en campo.

3. MÉTODO

3.1. Área de estudio

El Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, se ubica en la costa Caribe de México, al norte del Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 9,066-63-11 hectáreas. Sus coordenadas geográficas extremas son: 21°00'00" y 20°48'33" latitud norte y 86°53'14.40" y 86°46'38.94" longitud oeste (INE, 2000) (Figura 1).

Fue decretado el 2 de febrero de 1998 (DOF, 1998) a solicitud de la comunidad local de Puerto Morelos. Se extiende hacia el norte de esta localidad aproximadamente 21.5 km, penetrando en promedio 4 millas náuticas mar adentro (Figura 2).

El área de estudio está dentro de la Región Marina Prioritaria "Punta Maroma-Nizuc" según CONABIO (2008). La barrera arrecifal forma parte del SAM, que cubre cuatro países de la costa del Caribe (García-Salgado, et al., 2006). La laguna arrecifal fue decretada como humedal de importancia internacional No. 1343 según RAMSAR (2004) por tratarse de un área marino-costera compuesta por praderas marinas y arrecifes coralinos someros.

Los arrecifes del PNAPM son una barrera de arrecife coralino de tipo bordeante que forma una laguna con praderas submarinas de vegetación mixta (INE, 2000). La corriente dominante es la corriente de Yucatán, que fluye hacia el norte a través del canal de Yucatán. Sin embargo, existe un intenso flujo de corrientes en el interior de la laguna arrecifal (Mariño-Tapia et al., 2010) que por lo general se traduce en una contracorriente norte-sur. La dirección e intensidad de la corriente influye a nivel local a la hora de escoger los lugares a visitar.

En la cresta arrecifal y zonas de alta energía se pueden encontrar importantes poblaciones sanas de *Acropora palmata* (Rodríguez-Martínez et al., 2014) en comparación con otras zonas del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Se han registrado así mismo, colonias de *Acropora cervicornis* en zonas más profundas. Ambas especies se encuentran sujetas a protección especial a nivel nacional a través de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

El PNAPM cuenta con nueve zonas de gestión reguladas en el Programa de Manejo (INE, 2000) según las actividades permitidas, tipo de aprovechamiento, etc. que se dividen en 13 'unidades arrecifales' para facilitar el control de las actividades turísticas mediante zonas de uso y manejo (Figura 3). La visitación anual del Parque Nacional se estima en 150.000-200.000 (PNAPM, sin publicar), sin embargo no se cuenta con estadísticas adecuadas de visitación.

Como parte de la estrategia de manejo de visitantes, las Reglas Administrativas del Programa de Manejo (Regla 47) establece los límites máximos de embarcaciones y límites

máximos de usuarios por día, para solo tres de las 12 Unidades Arrecifales y manifiesta para las nueve restantes que los límites máximos *“se establecerán de conformidad con el límite de cambio aceptable o estudios de capacidad de carga, que para tal efecto se elaboren”* (INE, 2000).

El PNAPM tiene múltiples puntos de acceso, lo cual dificulta el manejo de las actividades recreativas que ocurren dentro del mismo. La forma de la poligonal del área protegida es, rectangular con unos 21km de costa y unos 4,5km de ancho mar adentro (Carabias-Lilo et al, 2000). El diseño del área influye ampliamente sobre los impactos y perturbaciones que afectan al Parque debido a que el perímetro del mismo tiene una gran extensión en relación a su superficie, lo que aumenta el efecto de borde sobre el área protegida. A este efecto de borde que incrementa el impacto de las perturbaciones externas hay que sumarle los impactos generados por las actividades que tienen lugar dentro del Parque.

Cuatro carreteras conectan la carretera federal Cancún-Chetumal con el litoral del Parque. De sur a norte, estas son: la carretera de acceso al poblado de Puerto Morelos, la carretera de acceso por Crococun Zoo, el acceso a Punta Petempich y el que da entrada a la zona hotelera del Moon Palace. El aeropuerto internacional de Cancún se sitúa solamente a 16 km del poblado.

Además, el acceso por vía marítima se puede realizar a través de diversas marinas y muelles manejadas por distintos operadores turísticos y que representan los principales puntos de entrada directos al PNAPM. Sumado a los accesos por marinas y muelles, varias embarcaciones menores tienen amarres en la playa, desde la que prestan servicios acuáticos de diversa índole.

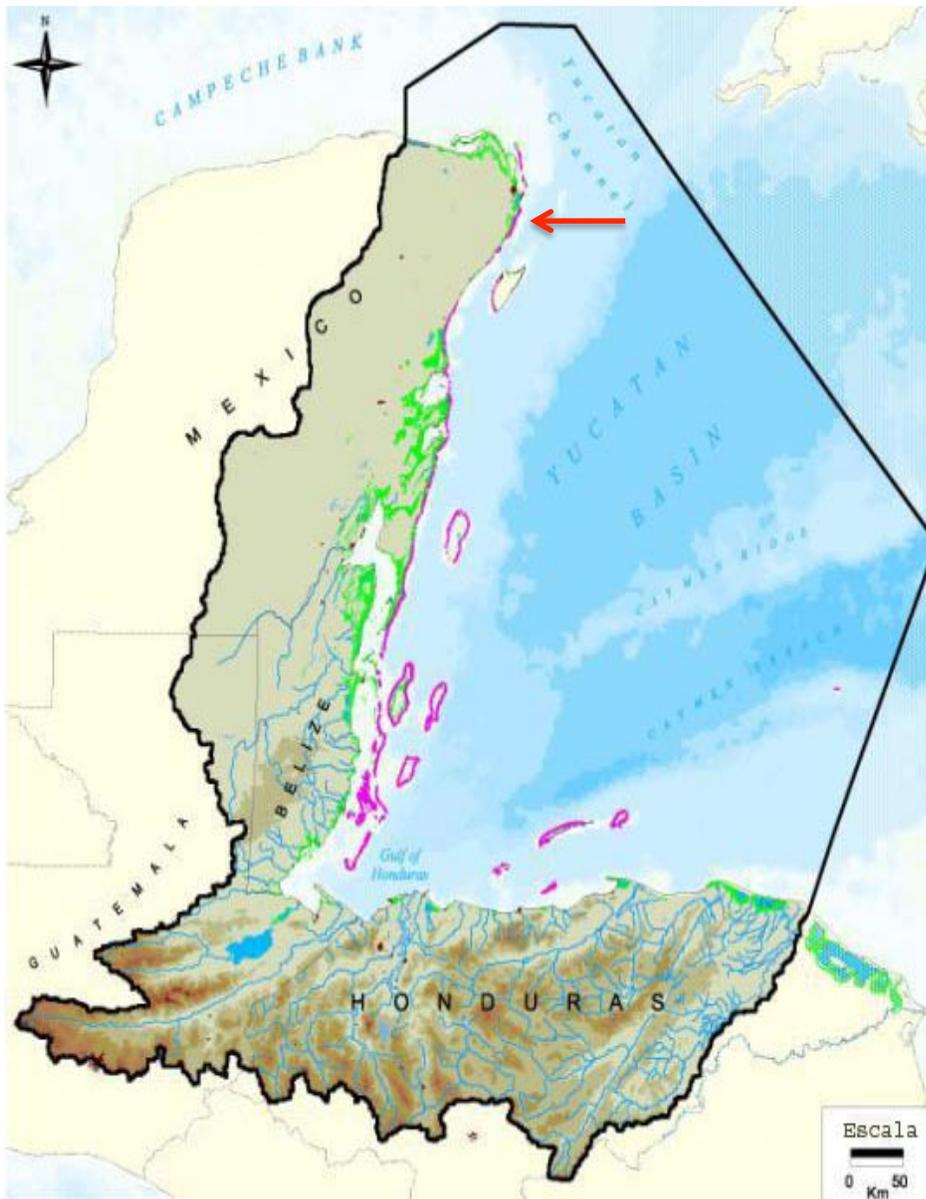


Figura 1. Ubicación de Puerto Morelos en el Caribe mexicano (flecha roja). En verde, se marcan los humedales costeros. En rosa, bordeando la costa, el Sistema Arrecifal Mesoamericano. Fuente: Kramer & Kramer, 2002.

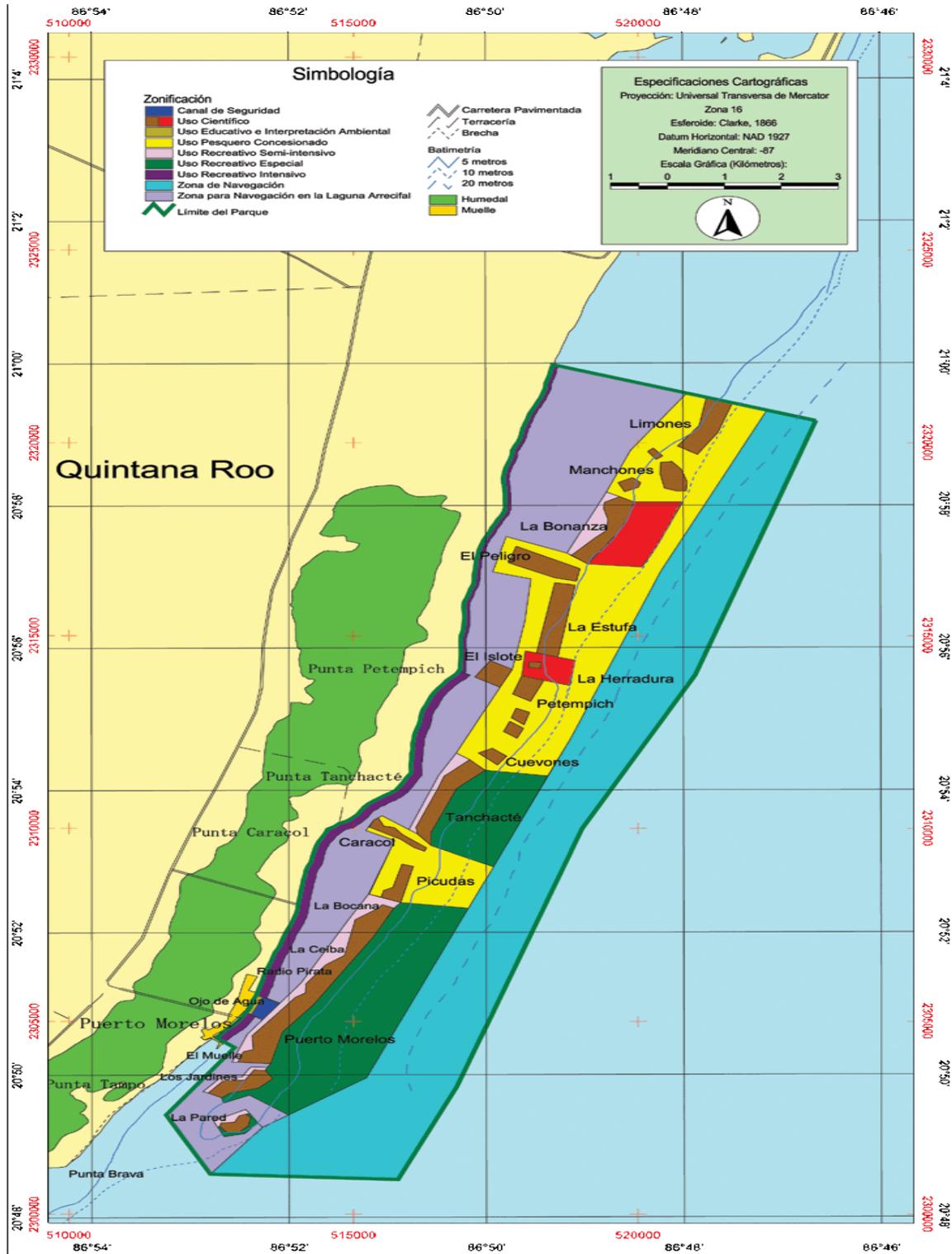


Figura 2. Mapa de zonificación del área marina protegida. Fuente: INE, 2000.

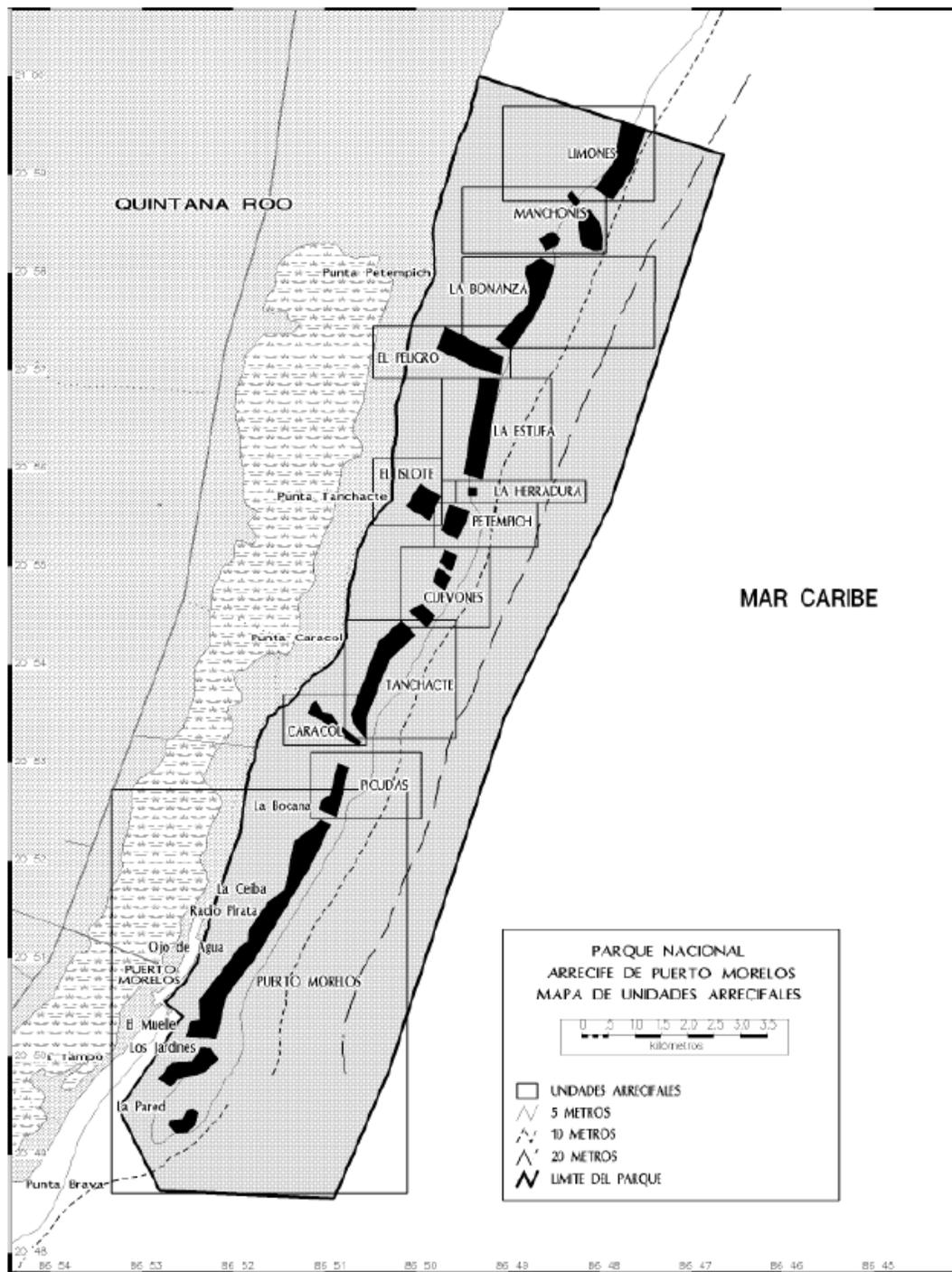


Figura 3. Mapa de unidades arrecifales del polígono del Parque Nacional. Fuente: INE, 2000.

3.2. Método

3.2.1. Evaluación del impacto

Con base en el protocolo “*Hol-Chan*” usado por McField & Thompson (2009) para evaluar el comportamiento de los visitantes de snorkel, adaptado conforme a las variaciones ya realizadas por el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel (PNAC / CONANP, 2013). Para efectos de este estudio, se realizaron recorridos de 30 minutos con el fin de poder comparar resultados a nivel regional con otras áreas marinas protegidas de México.

El método consiste en:

- ✓ Seguir a un grupo de buceo libre o autónomo a una distancia tal que permita observar su comportamiento sin interferir en la actividad (*sneaky snorkeler*).
- ✓ Los observadores se deben encontrar en el agua antes que el grupo a observar, para comenzar la evaluación desde el momento en que los buzos entran al agua.
- ✓ Registrar la cantidad y tipo de impactos observados en un formato dado (Anexo 1) por cada minuto, durante 30 minutos.

El método adaptado de McField & Thompson (2009) en Cozumel (PNAC / CONANP, 2013) evaluó los siguientes parámetros:

- Número total de buzos: turistas, fotógrafos y guías.
- Los buzos autónomos se dividieron en tres categorías: guías, fotógrafos y buzos (clientes).
- Se registró la profundidad inicial y final del sitio.

- Por cada minuto, se registraron los siguientes parámetros, anotando el origen del impacto cuando procede:
 - Nadando
 - Parado sobre arena
 - Levantando sedimento
 - Con mano (m)
 - Con aleta (a)
 - Con otra parte del cuerpo (se simplificó a las piernas “p”)
 - Con equipo (e)
 - Con el tanque (para buceo autónomo) (t)
 - ¿Quién realiza el impacto? Guía, fotógrafo o buzo
 - Parado sobre coral
 - Tocando coral
 - Con mano (m)
 - Con aleta (a)
 - Con otra parte del cuerpo (se simplificó a las piernas “p”)
 - Con equipo (e)
 - Con el tanque (para buceo autónomo) (t)
 - ¿Quién realiza el impacto? Guía, fotógrafo o turista
 - Rompiendo coral

- Con mano (m)
 - Con aleta (a)
 - Con otra parte del cuerpo (se simplificó a las piernas “p”)
 - Con equipo (e)
 - Con el tanque (para buceo autónomo) (t)
- ¿Quién realiza el impacto? Guía, fotógrafo o turista
- Colecta de organismos
 - Manipulando organismos
 - Tocando organismos
 - Acosando organismos
 - Alimentando peces

Estos parámetros se adaptaron en algunos casos, conforme a las recomendaciones del estudio realizado en Cozumel (PNAC / CONANP, 2013). Se recoge en las especificaciones del método (apartado 3.2.5).

3.2.2. Trabajo de campo

Para la evaluación del impacto de visitantes durante las actividades de buceo autónomo y buceo libre se escogieron un total de once sitios: cinco sitios de buceo autónomo: Manchones, Bonanza, Tanchacté, Cazonas (en la unidad arrecifal Cuevones) y La Pared; y seis de buceo libre: Bonanza, Tanchacté Norte, Tanchacté Sur, Radio Pirata, La Bocana y Ojo de Agua, estas tres últimas en la unidad arrecifal Puerto Morelos (Figura 4). Dichos sitios se encuentran bajo

distintas categorías de zonificación de usos permitidos incluyendo: pesquero concesionado, recreativo especial, recreativo semi-intensivo y educación-interpretativo (Tabla 1) (INE, 2000). Los sitios seleccionados para la evaluación del buceo libre son lugares donde se realiza el monitoreo biológico del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos con base en el protocolo de monitoreo biológico (PROMOBI) del PNAPM, basado en el Protocolo de Monitoreo Estandarizado del PNAPM que incorpora el protocolo de Monitoreo Sinóptico para el SAM (Almada-Villela, Sale, Gold-Bouchot, & Kjerfve, 2003) que a su vez adopta y modifica algunas características del protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment).

Sólo dos sitios de buceo autónomo seleccionados coinciden con áreas de monitoreo biológico que realiza el PNAPM: La Bocana y La Pared.

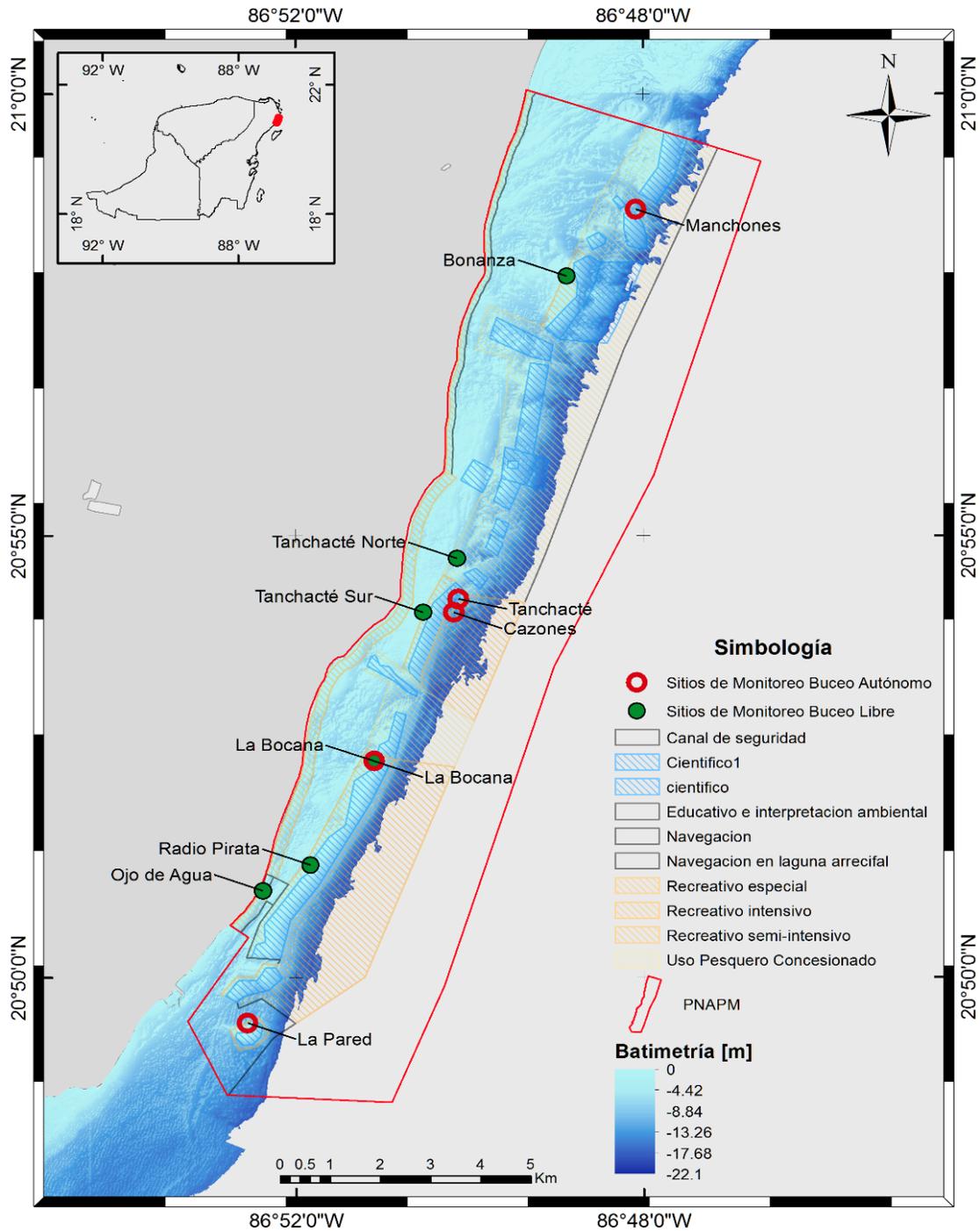


Figura 4. Mapa del área de estudio con los sitios de buceo libre (verde) y autónomo (rojo).

Tabla 1. Sitios del PNAPM seleccionados para el monitoreo del impacto de visitantes en arrecifes de coral durante actividades de buceo autónomo y buceo libre. Las coordenadas se presentan en UTM 16Q.

Actividad	Unidad Arrecifal	Zona de Uso	X (UTM 16Q)	Y (UTM 16Q)
Buceo Autónomo	Manchones	Pesquero Concesionado	520639	2319754
	Tanchacté Norte	Recreativo especial	517104	2311615
	Cazones	Pesquero concesionado	517010	2311331
	La Bocana	Recreativo Semi- intensivo	515427	2308228
	La Pared	Recreativo Semi- intensivo	512901	2302757
Buceo Libre	Bonanza	Recreativo Semi- intensivo	519261	2318355
	Tanchacté Norte	Recreativo Semi- intensivo	517074	2312464
	Tanchacté Sur	Recreativo Semi- intensivo	516403	2311335
	Radio Pirata	Recreativo Semi- intensivo	514157	2306060
	La Bocana	Recreativo Semi- intensivo	515427	2308228
	Ojo de Agua	Educativo- Interpretación ambiental	513847	2305808

3.2.3. Especificaciones del método

Con base en el protocolo usado por McField y Thompson (2009), se adaptaron algunos aspectos metodológicos a las necesidades del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos y a las condiciones locales:

- Se planearon tres evaluaciones: dos en temporada alta (agosto y noviembre-diciembre) y una en temporada baja (septiembre). La ausencia de buzos, condiciones climáticas adversas y el cierre temporal a la navegación en la zona centro-norte durante la temporada alta de invierno afectaron al proceso de colecta de datos.
- Se monitorearon cinco sitios de buceo autónomo y seis sitios de buceo libre (Tabla 1).
- En cada sitio se planificaron un total de doce réplicas de monitoreo; cuatro réplicas durante temporada baja y ocho réplicas durante temporada alta tanto para buceo autónomo (Tabla 2) como buceo libre (Tabla 3).
- Se seleccionaron embarcaciones de forma aleatoria.
- Los guías, fotógrafos y visitantes, no fueron informados de la evaluación a realizar durante el recorrido; para evitar interferencia en su comportamiento.
- Se registraron los impactos en el ‘formato de impactos’ (Anexo 1).
- Previo a cada inmersión, se llenó el formato “Datos generales” (Anexo 3).
- Se procuró que los evaluadores estuvieran en el agua antes de la entrada del grupo de visitantes. Los equipos de buceo y monitoreo se dejaban preparados desde antes de salir en la embarcación de manera que se facilitara la entrada rápida al agua al detectar un grupo de buceo.
- Un mínimo de dos evaluadores realizó cada recorrido (réplica) siguiendo al grupo a una distancia de ente 5-10 m (dependiendo de las condiciones y visibilidad) sin interferir, en la medida de lo posible, con la actividad del grupo.

- Un observador registró los impactos durante cada minuto en un lapso de 30 min, mientras que otro observador controló el tiempo con un cronómetro para indicarle al compañero al término de cada minuto por medio de sonido o contacto.
- Se registraron los impactos de los buzos autónomos cada minuto durante un periodo de 30 min, comenzando desde la entrada del grupo al agua.
- Dada su importancia para la conservación, se registró especialmente la interacción del grupo con colonias de *Acropora* spp.
- Con el fin de equilibrar el esfuerzo de muestreo, cuando no se encontraron grupos realizando buceo autónomo o buceo libre en el sitio planeado, se otorgó un margen de tolerancia de 45 a 60 minutos, tras lo cual se marcó ausencia de visitantes y se procedió al siguiente sitio.

Tabla 2. Relación de réplicas de monitoreo por sitio y temporada de buceo autónomo. La primera letra (M, T, C, B, P) corresponde a las iniciales de la unidad arrecifal.

Unidad Arrecifal	Temporada Alta Verano (TAV) (agosto)	Temporada baja (TB) (septiembre)	Temporada Alta Invierno (TAI) (nov/dic)	Número de réplicas planificadas
Manchones (M)	Réplica MTAV1	Réplica MTB1	Réplica MTAI1	12
	Réplica MTAV2	Réplica MTB2	Réplica MTAI2	
	Réplica MTAV3	Réplica MTB3	Réplica MTAI3	
	Réplica MTAV4	Réplica MTB4	Réplica MTAI4	
Tanchacté (T)	Réplica TTAV1	Réplica TTB1	Réplica TTAI1	12
	Réplica TTAV2	Réplica TTB2	Réplica TTAI2	
	Réplica TTAV3	Réplica TTB3	Réplica TTAI3	
	Réplica TTAV4	Réplica TTB4	Réplica TTAI4	
Cazones (C)	Réplica CTAV1	Réplica CTB1	Réplica CTAI1	12
	Réplica CTAV2	Réplica CTB2	Réplica CTAI2	
	Réplica CTAV3	Réplica CTB3	Réplica CTAI3	
	Réplica CTAV4	Réplica CTB4	Réplica CTAI4	
La Bocana (B)	Réplica BTAV1	Réplica BTB1	Réplica BTAI1	12
	Réplica BTAV2	Réplica BTB2	Réplica BTAI2	
	Réplica BTAV3	Réplica BTB3	Réplica BTAI3	
	Réplica BTAV4	Réplica BTB4	Réplica BTAI4	
La Pared (P)	Réplica PTAV1	Réplica PTB1	Réplica PTAI1	12
	Réplica PTAV2	Réplica PTB2	Réplica PTAI2	
	Réplica PTAV3	Réplica PTB3	Réplica PTAI3	
	Réplica PTAV4	Réplica PTB4	Réplica PTAI4	
Total sitios: 5	Total réplicas TA: 20	Total réplicas TB: 20	Total réplicas TA: 20	TOTAL: 60

Tabla 3. Relación de monitoreo por sitio por temporada, para buceo libre. Las primeras dos letras (BZ, TN, TS, BO, RO y una letra para el Ojo de agua -O-) corresponden a las iniciales de la unidad arrecifal.

Unidad arrecifal	Temporada Alta Verano (TAV) (agosto)	Temporada Baja (TB) (septiembre)	Temporada Alta Invierno (TAI) (nov/dic)	Número de réplicas planificadas
La Bonanza (B)	Réplica BZTAV1 Réplica BZTAV2 Réplica BZTAV3 Réplica BZTAV4	Réplica BZTB1 Réplica BZTB2 Réplica BZTB3 Réplica BZTB4	Réplica BZTAI1 Réplica BZTAI2 Réplica BZTAI3 Réplica BZTAI4	12
Tanchacté Norte (TN)	Réplica TNTAV1 Réplica TNTAV2 Réplica TNTAV3 Réplica TNTAV4	Réplica TNTB1 Réplica TNTB2 Réplica TNTB3 Réplica TNTB4	Réplica TNTAI1 Réplica TNTAI2 Réplica TNTAI3 Réplica TNTAI4	12
Tanchacté Sur (TS)	Réplica TSTAV1 Réplica TSTAV2 Réplica TSTAV3 Réplica TSTAV4	Réplica TSTB1 Réplica TSTB2 Réplica TSTB3 Réplica TSTB4	Réplica TSTAI1 Réplica TSTAI2 Réplica TSTAI3 Réplica TSTAI4	12
Radio Pirata (RP)	Réplica RPTAV1 Réplica RPTAV2 Réplica RPTAV3 Réplica RPTAV4	Réplica RPTB1 Réplica RPTB2 Réplica RPTB3 Réplica RPTB4	Réplica RPTAI1 Réplica RPTAI2 Réplica RPTAI3 Réplica RPTAI4	12
La Bocana (B)	Réplica BOTAV1 Réplica BOTAV2 Réplica BOTAV3 Réplica BOTAV4	Réplica BOTB1 Réplica BOTB2 Réplica BOTB3 Réplica BOTB4	Réplica BOTAI1 Réplica BOTAI2 Réplica BOTAI3 Réplica BOTAI4	12
Ojo de Agua (O)	Réplica OTAV1 Réplica OTAV2 Réplica OTAV3 Réplica OTAV4	Réplica OTB1 Réplica OTB2 Réplica OTB3 Réplica OTB4	Réplica OTAI1 Réplica OTAI2 Réplica OTAI3 Réplica OTAI4	12
Total sitios: 6	Total réplicas TAV: 24	Total réplicas TB: 24	Total réplicas TAI: 24	TOTAL réplicas: 72

Para todas las salidas se registró: fecha, sitio, nombre de la embarcación, número de buzos y guías y uso del boyado. Un observador registró los impactos durante cada minuto en un lapso de 30 min, mientras que otro observador controló el tiempo con un cronómetro para indicarle al compañero el término de cada minuto por medio de sonido o contacto. La logística de sitios se determinó previamente según la distancia del puerto a cada sitio. En el caso de que en el sitio planeado para el día no se encontraran grupos realizando buceo autónomo o buceo libre, se daba una tolerancia de 45 a 60 minutos.

3.2.3.1. Temporada alta de verano

Durante el mes de agosto de 2016, se llevaron a cabo los trabajos de monitoreo que abarcaron cinco días naturales, con jornadas de entre 8 a 10 horas por día. Los días de monitoreo se realizaron de manera alternada a lo largo de tres semanas (del día 8 al 22). También se alternó entre las embarcaciones y los sitios en función de las condiciones meteorológicas. Se rentó una embarcación de un operador de turismo autorizado para llevar a cabo las visitas a todos los sitios de buceo autónomo y buceo libre relevantes al monitoreo.

Día 1 (11 de agosto), El sitio correspondió al Ojo de Agua. El acceso al sitio es por la costa, por lo que no requiere de embarcación y se realizó un esfuerzo de monitoreo de cuatro horas en total considerando que se esperaba un lapso de tiempo en el agua de 45 min. a que llegaran grupos de buceo libre. Los grupos fueron observados a una distancia de 2 a 4 m aproximadamente durante la actividad de buceo libre. En este sitio se observó que la mayoría de los grupos de buceo libre eran pequeños, todos ellos de dos personas sin guía y en la mayoría de los casos no hacían uso de aletas, únicamente máscara y esnórquel.

Día 2 (16 de agosto). Se visitaron dos sitios de buceo libre: Radio Pirata y Tanchacté Sur. En Radio Pirata se realizaron cuatro réplicas, mientras que en Tanchacté Sur se efectuaron dos por la falta de grupos de snorkel durante el resto del día. En ambos casos, el equipo de monitoreo entró al agua previo a la entrada del grupo de visitantes, y se acompañaba a los grupos de buceo libre durante 30 min del recorrido. Los observadores se posicionaban de manera paralela o al final del grupo, intentando en todo momento mantenerse a 2 o 3 m de distancia fuera del grupo guiado y con la menor interferencia en el tour.

Día 3 (17 de agosto). Se visitaron tres sitios de buceo libre: La Bonanza, Tanchacté Norte, Tanchacté Sur y tres sitios de buceo autónomo: Cazones, La Bocana y Manchones. Durante la observación de grupos de buceo libre, los observadores se posicionaban de manera paralela o al final del grupo, intentando en todo momento mantenerse fuera del grupo guiado y con la menor interferencia en el tour, la observación se realizaba a 2-3 m de distancia. En el caso de buceo autónomo, los observadores siguieron al grupo a una distancia de 2 ó 3 metros, en caso de que las embarcaciones ya se encontraron en el sitio y los buzos ya se estaban realizando el recorrido, los observadores siguieron las burbujas de los buzos desde superficie, para descender cerca y buscar el grupo de buceo autónomo.

Día 4 (18 de agosto). Se visitaron dos sitios de buceo libre: La Bocana, Tanchacté Norte y dos sitios de buceo autónomo: Tanchacté y La Pared. Durante la observación de grupos de buceo libre, los observadores se posicionaban de manera paralela o al final del grupo, intentando en todo momento mantenerse fuera del grupo guiado y con la menor interferencia en el tour, la observación se realizaba a 2-3 m de distancia. En el caso de buceo autónomo, la distancia para seguir al grupo fue la misma, de 2 a 3 metros, en caso de que las embarcaciones ya se encontraran en el sitio y los buzos ya estuvieran realizando el recorrido, los observadores

siguieron las burbujas de los buzos desde superficie, para descender cerca y buscar el grupo de buceo autónomo.

Día 5 (22 de agosto). Se visitó un sitio de buceo libre: La Bocana, y un sitio de buceo autónomo: La Pared. Durante la observación de grupos de buceo libre, los observadores se posicionaban de manera paralela o al final del grupo, intentando en todo momento mantenerse fuera del grupo guiado y con la menor interferencia en el tour, la observación se realizaba a 2 ó 3 m de distancia. En el caso de buceo autónomo, no se encontraron grupos en La Pared, por lo que se siguió el procedimiento de esperar 45- 60 minutos a la llegada de algún grupo. Se rentaron embarcaciones de operadores de turismo autorizados por el PNAPM para llevar a cabo las visitas a todos los sitios de buceo autónomo y buceo libre relevantes al monitoreo (Anexo 7).

3.2.3.2. Temporada baja (TB)

Durante el mes de septiembre de 2016, se llevaron a cabo los trabajos de monitoreo de la temporada baja que abarcaron cinco días naturales, con jornadas de entre 8 a 10 horas por día. Los días de monitoreo se realizaron de manera alternada a lo largo de dos semanas (del día 20 al 29 de septiembre). También se alternó entre las embarcaciones y los sitios en función de las condiciones meteorológicas y la presencia de grupos de visitantes. Las salidas se realizaron el día 20, 21, 23, 26 y 29 de septiembre de 2016. La logística de los monitoreos a cada sitio se determinó previamente según la distancia del puerto a cada sitio. En el caso de que en el sitio planeado para el día no se encontraran grupos realizando buceo autónomo o buceo libre, se estableció un tiempo de tolerancia de 45 a 60 minutos para que arribaran visitantes al área, en aquellos casos en que no se pudieron realizar las réplicas programadas por falta de visitantes al sitio, se marcó como cero. Incluso, es estos casos, y aprovechando la cercanía entre los sitios, se

30

volvió a visitarlos en más de una ocasión, con la intención de realizar el mayor número de réplicas. Cuando hubo grupos realizando alguna actividad, una pareja del equipo de trabajo se desplazó al sitio aledaño para realizar el monitoreo.

Para todas las salidas se registró: fecha, sitio, nombre de la embarcación, número de buzos y guías y uso del boyado.

Día 1 de monitoreo de la temporada baja se llevó a cabo el 20 de septiembre, se realizó el monitoreo de Tanchacté Sur en su totalidad (cuatro réplicas), Tanchacté Norte se realizaron dos réplicas por la falta de grupos de buceo libre y un sitio de buceo autónomo, Tanchacté donde se realizaron dos réplicas por la falta de grupos de buceo autónomo.

Día 2 (21 de septiembre). Se visitaron tres sitios de buceo libre: Radio Pirata, La Bocana y Tanchacté Norte, así como dos sitios de buceo autónomo: Tanchacté y Cazonas. En Radio Pirata se realizaron cuatro réplicas, mientras que en Tanchacté Sur se realizaron dos réplicas, ya que dos fueron cubiertas el día anterior, se aprovechó la proximidad de La Bocana y la presencia de un grupo de visitantes para realizar una réplica en el sitio. En todos los casos, el equipo de monitoreo entró al agua previo a la entrada del grupo de visitantes, y se monitoreó el grupo de buceo libre durante 30 min del recorrido. Los observadores se posicionaban de manera paralela o al final del grupo, intentando en todo momento mantenerse a 2 ó 3 m de distancia fuera del grupo guiado y con la menor interferencia en el tour. En el sitio de buceo autónomo Tanchacté se realizó una réplica, ya que a pesar de que se respetó el tiempo de tolerancia de 45min únicamente un grupo realizó la actividad en el sitio. En el caso de Cazonas, al llegar al sitio se llevó a cabo la espera determinada de los 45 min a 1hr. de tolerancia, sin embargo, ningún grupo de buceo autónomo realizó la actividad en el sitio, por lo que todas las réplicas se marcaron como cero.

Día 3 (23 de septiembre). Se planeó visitar tres sitios de buceo autónomo: Manchones, Cazones y Tanchacté; en caso de los dos últimos como una segunda visita. Para buceo libre se visitó La Bonanza, se llevó a cabo los 45 min 1 hr de tolerancia en el sitio, pero ningún grupo llegó. Sin embargo, fue imposible realizar las réplicas del buceo autónomo ya que unos minutos después de terminar el tiempo de espera en La Bonanza se presentó una turbonada, lo que causó el cierre del puerto y la salida fue suspendida por lo que todas las réplicas del día de buceo autónomo se consideraron como 0.

Día 4 (26 de septiembre). Se visitaron dos sitios de buceo autónomo, Bocana y La Pared, así como dos sitios de buceo libre: La Bocana y Ojo de Agua. Por la falta de visitantes únicamente se logró realizar una réplica en La Bocana y La Pared fue marcada como cero. Para la observación de los visitantes durante el buceo autónomo, los observadores siguieron al grupo a una distancia de 2 a 3 metros, en caso de que las embarcaciones ya se encontrarán en el sitio y los buzos ya estuvieran realizando el recorrido, los observadores siguieron las burbujas de los buzos desde superficie, para descender cerca y buscar el grupo de buceo autónomo. Los buzos parecían confundidos y un poco molestos de que se les siguiera durante el recorrido de buceo autónomo, por lo que para indicar el tiempo se le indicaba al compañero por medio del tacto y las indicaciones por sonido fueron eliminadas del monitoreo. En el caso de los sitios de buceo libre, la Bocana y Ojo del Agua, no se encontraron grupos realizando la actividad por lo que las réplicas se marcaron como cero para la temporada.

Día 5 (29 de septiembre). Se visitó un sitio de buceo libre, Bocana, y dos sitios de buceo autónomo, La Pared y La Bocana. Para el sitio de buceo libre Bocana, fue la tercera visita realizada durante la temporada, y ya que el equipo de monitoreo se encontraba en el sitio para realizar las réplicas de buceo autónomo, se decidió aprovechar la presencia de visitantes y realizar la réplica de buceo libre. Durante la observación de grupos de buceo libre, los

observadores se posicionaban de manera paralela o al final del grupo, intentando en todo momento mantenerse fuera del grupo guiado y con la menor interferencia en el tour, la observación se realizaba a 2 o 3 m de distancia. Para los sitios de buceo autónomo, La Bocana y La Pared, también era el segundo día que se visitaban, por lo que se aprovechó la presencia de grupos para realizar tres réplicas en La Bocana y una en La Pared. A pesar de ser el segundo día de visita a La Pared, no se consiguió completar las réplicas del sitio debido a la ausencia de visitantes.

3.2.3.3. *Temporada alta de invierno (TAI)*

Durante el mes de noviembre de 2016, se llevaron a cabo los trabajos de monitoreo de la temporada alta que abarcaron tres días naturales, con jornadas de entre 8 a 10 horas por día. Las actividades de monitoreo de la temporada alta se realizaron durante dos semanas al comienzo de la temporada alta de invierno. También se alternó entre las embarcaciones y los sitios en función de las condiciones meteorológicas y la presencia de grupos de visitantes. Se rentaron embarcaciones de operadores de turismo para llevar a cabo las visitas a los sitios de buceo autónomo y buceo libre relevantes al monitoreo. La logística del monitoreo a cada sitio se determinó previamente según la distancia de cada sitio al puerto y las condiciones meteorológicas.

En el caso de que en el sitio planeado para el día no se encontraran grupos realizando buceo autónomo o buceo libre, se estableció el tiempo tolerancia de marcado para que arribaran visitantes al área. En caso de que no se pudieran realizar las réplicas por falta de visitantes al sitio, se marcó esa réplica como cero. Por la cercanía entre sitios, se intentó visitar el sitio en más de una ocasión, con la intención de realizar el mayor número de réplicas por sitio. Cuando

hubo grupos realizando alguna actividad, el equipo se desplazó al sitio aledaño para realizar el monitoreo.

En varias ocasiones no se encontró visitantes en el área, por lo que se planeó repetir las visitas en los primeros días del mes de diciembre. Sin embargo, durante la mayor parte del mes de diciembre el puerto permaneció cerrado a causa de los fuertes vientos del Norte. Además, debido a la celebración de la Décimotercera Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CoP13) durante los primeros días del mes de diciembre se limitó el tránsito en el ANP, por lo que no fue posible llevar a cabo un mayor esfuerzo de monitoreo en los sitios al norte durante la temporada alta de invierno.

El día 1 de monitoreo de temporada alta invierno se realizó el 22 de noviembre. Se visitaron los sitios de buceo autónomo: Cazones, La Bocana y La Pared. En todos los sitios se realizó la espera de 45-60 min, en ningún sitio se encontraron visitantes por lo que se marcó como cero. Sitios de buceo libre se visitó La Bocana, y se realizaron tres réplicas.

El día 2 de monitoreo se llevó a cabo el día 24 de noviembre, donde se visitó Tanchacté y Manchones de buceo autónomo, no se encontraron visitantes en dichos sitios por lo que se prosiguió a esperar el tiempo de tolerancia y se marcó como ceros. Sitios de buceo libre se visitaron Tanchacté Norte y Tanchacté Sur. En Tanchacté Norte, el oleaje era demasiado fuerte por lo que no había visitantes en el sitio. En Tanchacté Sur se realizaron cuatro replicas. Al regresar hacia el muelle, el equipo visitó Radio Pirata, sitio que es muy concurrido por los visitantes y se logró tomar cuatro réplicas.

El día 3 se realizó el 30 de noviembre, se visitó el Ojo de Agua. El equipo de monitoreo esperó más del tiempo de tolerancia asignado, realizando una espera de 1.5 hrs en el sitio desde las 9:30 am hasta las 11:00 am y no se presentó ningún visitante, por lo que se marcó como cero.

3.2.4. Esfuerzo de muestreo

Se planificaron 12 réplicas en 11 sitios de monitoreo de los cuales cinco fueron de buceo autónomo (SCUBA) y seis de buceo libre (snorkel) (Figura 4). Esto hace un total de 132 réplicas en tres temporadas: temporada alta de verano, temporada baja, y temporada alta de invierno.

En total, se obtuvo el 47% de las réplicas planificadas (44 en total, 4 por sitio de monitoreo). Por actividad, el buceo libre aportó el 67% de las réplicas, frente al 23% de réplicas efectivas para buceo autónomo (Tabla 4).

Durante la temporada alta de verano (TAV), se lograron 27 réplicas (61%) del trabajo de campo planeado para esa temporada (Tabla 5); mientras que durante la temporada baja (TB), se lograron 23 réplicas (52%) del trabajo de campo planeado (Tabla 6). En la temporada alta de invierno (TAI), solamente se logró el 27% de las réplicas (12 de 44) debido a las condiciones meteorológicas y al cierre a la navegación de toda la porción norte del PNAPM (desde la unidad arrecifal Tanchacté Norte hasta el límite norte) con motivo de la CoP13 (Tabla 7).

Tabla 4. Número de réplicas planificadas vs. efectivas para las tres temporadas de monitoreo: alta de verano (TAV), baja (TB) y alta de invierno (TAI); para buceo autónomo (BA) y buceo libre (BL).

Actividad	Réplicas esperadas / temporada	TAV	TB	TAI	TOTAL	
		Efectivas	Efectivas	Efectivas	Efectivas	Efectivas
BA	20	6	8	0	60	14
BL	24	21	15	12	72	48
TOTAL	44	27	23	12	132	62
%		61%	52%	27%	100%	47%

Tabla 5. Réplicas de monitoreo durante la temporada alta de verano (TAV). El valor de la columna "efectiva" indica presencia de buzos (1 = réplica realizada) o ausencia durante el tiempo de espera (0= réplica no realizada).

BUCEO AUTÓNOMO				BUCEO LIBRE			
Ud. arrecifal	Réplica	Efectiva	Fecha	Ud. arrecifal	Réplica	Efectiva	Fecha
Manchones	MTAV1	0	16-ago-16	La Bonanza	BZTAV1	1	16-ago-16
	MTAV2	0	16-ago-16		BZTAV2	0	16-ago-16
	MTAV3	0	16-ago-16		BZTAV3	0	16-ago-16
	MTAV4	0	16-ago-16		BZTAV4	0	16-ago-16
Tanchacté	TTAV1	1	18-ago-16	Tanchacté Norte	TNTAV1	1	16-ago-16
	TTAV2	1	18-ago-16		TNTAV2	1	18-ago-16
	TTAV3	1	18-ago-16		TNTAV3	1	18-ago-16
	TTAV4	0	18-ago-16		TNTAV4	1	18-ago-16
Cazones	CTAV1	0	16-ago-16	Tanchacté Sur	TSTAV1	1	15-ago-16
	CTAV2	0	16-ago-16		TSTAV2	1	15-ago-16
	CTAV3	0	16-ago-16		TSTAV3	1	16-ago-16
	CTAV4	0	16-ago-16		TSTAV4	1	16-ago-16
La Bocana	BTAV1	1	16-ago-16	La Bocana	BOTAV1	1	18-ago-16
	BTAV2	1	16-ago-16		BOTAV2	1	18-ago-16
	BTAV3	0	16-ago-16		BOTAV3	1	22-ago-16
	BTAV4	0	16-ago-16		BOTAV4	1	22-ago-16
La Pared	PTAV1	1	18-ago-16	Radio Pirata	RPTAV1	1	15-ago-16
	PTAV2	0	22-ago-16		RPTAV2	1	15-ago-16
	PTAV3	0	22-ago-16		RPTAV3	1	15-ago-16
	PTAV4	0	22-ago-16		RPTAV4	1	15-ago-16
--				Ojo de agua	OTAV1	1	11-ago-16
					OTAV2	1	11-ago-16
					OTAV3	1	11-ago-16
					OTAV4	1	11-ago-16

Tabla 6. Réplicas de monitoreo durante la temporada baja (TB). Se indica si la réplica fue efectiva (1= presencia de buzos) o no

(0= ausencia).

BUCEO AUTÓNOMO				BUCEO LIBRE			
Sitio	Réplica	Efectiva	Fecha	Sitio	Réplica	Efectiva	Fecha
Manchones	MTB1	0	23-sep-16	La Bonanza	BZTB1	0	23-sep-16
	MTB2	0	23-sep-16		BZTB2	0	23-sep-16
	MTB3	0	23-sep-16		BZTB3	0	23-sep-16
	MTB4	0	23-sep-16		BZTB4	0	23-sep-16
Tanchacté	TTB1	1	20-sep-16	Tanchacté Norte	TNTB1	1	20-sep-16
	TTB2	1	20-sep-16		TNTB2	1	21-sep-16
	TTB3	1	21-sep-16		TNTB3	1	21-sep-16
	TTB4	0	21-sep-16		TNTB4	1	20-sep-16
Cazones	CTB1	0	21-sep-16	Tanchacté Sur	TSTB1	1	20-sep-16
	CTB2	0	21-sep-16		TSTB2	1	20-sep-16
	CTB3	0	21-sep-16		TSTB3	1	20-sep-16
	CTB4	0	21-sep-16		TSTB4	1	20-sep-16
La Bocana	BTB1	1	26-sep-16	La Bocana	BOTB1	1	21-sep-16
	BTB2	1	29-sep-16		BOTB2	1	29-sep-16
	BTB3	1	29-sep-16		BOTB3	0	29-sep-16
	BTB4	1	29-sep-16		BOTB4	0	26-sep-16
La Pared	PTB1	1	29-sep-16	Radio Pirata	RPTB1	1	21-sep-16
	PTB2	0	26-sep-16		RPTB2	1	21-sep-16
	PTB3	0	26-sep-16		RPTB3	1	21-sep-16
	PTB4	0	26-sep-16		RPTB4	1	21-sep-16
--				Ojo de agua	OTB1	1	29-sep-16
					OTB2	0	26-sep-16
					OTB3	0	26-sep-16
					OTB4	0	26-sep-16

Tabla 7. Réplicas de monitoreo durante la temporada alta de invierno (TAI). Se indica si la réplica fue realizada (1=presencia de buzos) o no (0= ausencia).

BUCEO AUTÓNOMO				BUCEO LIBRE			
Ud. arrecifal	Réplica	Realizada	Fecha	Ud. arrecifal	Réplica	Realizada	Fecha
Manchones	MTAI1	0	CoP13	La Bonanza	BZTAI1	0	CoP13
	MTAI2	0	CoP13		BZTAI2	0	CoP13
	MTAI3	0	CoP13		BZTAI3	0	CoP13
	MTAI4	0	CoP13		BZTAI4	0	CoP13
Tanchacté	TTAI1	0	24-nov-16	Tanchacté Norte	TNTAI1	0	24-nov-16
	TTAI2	0	24-nov-16		TNTAI2	0	24-nov-16
	TTAI3	0	24-nov-16		TNTAI3	0	24-nov-16
	TTAI4	0	24-nov-16		TNTAI4	0	24-nov-16
Cazones	CTAI1	0	24-nov-16	Tanchacté Sur	TSTAI1	1	24-nov-16
	CTAI2	0	24-nov-16		TSTAI2	1	24-nov-16
	CTAI3	0	24-nov-16		TSTAI3	1	24-nov-16
	CTAI4	0	24-nov-16		TSTAI4	1	24-nov-16
La Bocana	BTAI1	0	22-nov-16	La Bocana	BOTAI1	1	22-nov-16
	BTAI2	0	22-nov-16		BOTAI2	1	22-nov-16
	BTAI3	0	22-nov-16		BOTAI3	1	22-nov-16
	BTAI4	0	22-nov-16		BOTAI4	0	22-nov-16
La Pared	PTAI1	0	22-nov-16	Radio Pirata	RPTAI1	1	24-nov-16
	PTAI2	0	22-nov-16		RPTAI2	1	24-nov-16
	PTAI3	0	22-nov-16		RPTAI3	1	24-nov-16
	PTAI4	0	22-nov-16		RPTAI4	1	24-nov-16
--				Ojo de agua	OTAI1	1	30-nov-16
					OTAI2	0	30-nov-16
					OTAI3	0	30-nov-16
					OTAI4	0	30-nov-16

3.2.4.1. Buceo Autónomo

Los cinco sitios de monitoreo (Manchones, Tanchacté, Cazonas, La Bocana, y La Pared) fueron visitados dos veces en cada temporada ya que no se registraron observaciones en el primer día programado de monitoreo. En dos temporadas (TAV y TB) se obtuvieron réplicas para Tanchacté, La Bocana y La Pared. Manchones y Cazonas no tuvieron actividad durante los días y horas de monitoreo. Durante la temporada alta de invierno no se registró actividad en los sitios muestreados, debido al mal clima y al cierre de los sitios situados desde Tanchacté Norte hasta el límite norte del ANP.

Sólo se pudieron realizar el 30% de las réplicas en la TAV, el 40% en TB y 0% en TAI. En todas las temporadas, los sitios donde se obtuvo el mayor número de réplicas fueron Tanchacté y La Bocana (50%) (Tabla 8).

El universo de observación no incluye el 100% de los registros. Esto se debe a que hubo sitios donde no se reportaron registros (Manchones y Cazonas) y a la ausencia total de registros en la temporada alta de invierno (TAI) debido al mal clima y a restricciones especiales a la navegación dictadas por la Capitanía de Puerto de Puerto Morelos. Estos datos no fueron analizados.

Tabla 8. Réplicas de buceo autónomo efectivas durante la temporada alta de verano (TAV) y la temporada baja (TB), por sitio.

Réplicas	Progr. / temporada	Progr. totales	TAV	TB	TAI	Efect. totales	Efect. / sitio
			Efect.	Efect.	Efect.		
Manchones	4	12	0	0	0	0	0%
Tanchacté	4	12	3	3	0	6	50%
Cazones	4	12	0	0	0	0	0%
La Bocana	4	12	2	4	0	6	50%
La Pared	4	12	1	1	0	2	17%
TOTAL	20	60	6	8	0	14	
%			30%	40%	0%	23%	

3.2.4.2. *Buceo Libre*

Se monitorearon seis sitios de buceo libre: La Bonanza, Tanchacté Norte, Tanchacté Sur, La Bocana, Radio Pirata, Ojo de Agua. Durante la TAV, se obtuvieron todas las réplicas excepto en el caso de La Bocana que sólo se logró una réplica de doce. Durante la TB, se obtuvieron todas las réplicas para Tanchacté Norte, Tanchacté Sur y Radio Pirata; sólo se obtuvieron dos réplicas en La Bocana, una en el Ojo de Agua y ninguna en La Bonanza. Durante la TAI, no se pudieron realizar las réplicas de la porción norte (Tanchacté Norte y La Bonanza) debido al cierre del área desde el 27 de noviembre hasta el 18 de diciembre (ambos inclusive) por motivos de seguridad relacionados con la CoP 13 del CDB (e-mail con aviso de Capitanía en Anexo 6). Tanchacté Sur y Radio Pirata son los únicos lugares donde se lograron todas las réplicas en todas las temporadas. En los demás sitios se registraron más de la mitad de las réplicas, excepto en La Bonanza (Tabla 9).

Durante la TAV se logró realizar el 88% de las réplicas. En la TB se registraron algo más de la mitad de las réplicas (63%), mientras que en la TAI se logró la mitad de las réplicas (50%). Para las tres temporadas, se realizó el 67% de las observaciones programadas (48 de 72 réplicas) (Tabla 9).

Tabla 9. Relación de réplicas de buceo libre efectivas durante la temporada alta de verano (TAV), temporada baja (TB) y temporada alta de invierno (TAI), programadas y efectivas; totales y por sitio.

Réplicas	Programadas / temporada	Progr. totales	TAV	TB	TAI	Efect. totales	Efect. / sitio
			Efect.	Efect.	Efect.		
Bonanza	4	12	1	0	0	1	8%
Tanchacté Norte	4	12	4	4	0	8	67%
Tanchacté Sur	4	12	4	4	4	12	100%
La Bocana	4	12	4	2	3	9	75%
Radio Pirata	4	12	4	4	4	12	100%
Ojo de agua	4	12	4	1	1	6	50%
TOTAL	24	72	21	15	12	48	
%			88%	63%	50%	67%	

3.2.5. Visitas de verificación

Con la información de las encuestas, se escogieron los seis sitios más visitados: tres de buceo autónomo y tres de buceo libre. Durante la visita de verificación se registraron los siguientes datos en el formato de “Visita de verificación” (Anexo 2):

- Se registró el recorrido a realizar por los buzos en el sitio arrecifal por medio de un video con cámara GoProH3+ y fotografías,
- Se describió el recorrido realizado.
- Se corroboró la batimetría sugerida en las encuestas de los usuarios a través de la evaluación de la profundidad usando computadoras de buceo autónomo Suunto D4i.
- Se describió la topografía básica y la existencia de estructuras artificiales (boyado, “reef balls”, muertos de amarre, etc.).
- Se realizó una caracterización del sitio (corrientes, cavernas, profundidad máxima de fondo, cañones, etc.).
- Se registró con GPS los puntos de intercepción como boya de amarre, en caso de no existir boyas de amarre se registró el punto GPS donde se encuentra el sitio.
- Se registró la presencia de especies clave como tortugas, tiburones, langosta, morenas y otros peces grandes o en cardúmenes y corales duros como: cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), cuerno de alce (*A. palmata*) así como coral pilar o de torre (*Dendrogyra cylindrus*).
- Se realizó una breve caracterización escrita del sitio (corrientes, cavernas, profundidad máxima de fondo, cañones, etc.).

3.2.6. Encuestas

Se realizaron un total de 19 encuestas a los operadores de turismo de Puerto Morelos incluyendo los ubicados en el centro del pueblo y en los hoteles aledaños. Para realizar las entrevistas de los operadores de turismo en el pueblo de Puerto Morelos se visitó la mayor cantidad de tiendas posible y se platicó con la mayor cantidad de trabajadores posible (guías, capitanes y permisionarios). Para las entrevistas con las tiendas de servicios acuáticos de buceo autónomo y buceo libre que operan dentro de los hoteles, fue necesario concertar una cita con el responsable para realizar la entrevista.

En el caso de las tiendas del centro del poblado, algunas se encontraban cerradas por la temporada baja y en otras ocasiones no se pudo concertar cita ya que el administrador no estaba disponible.

Las encuestas se aplicaron con base en el formato del Anexo 4 a centros de buceo y operadores de buceo libre para conocer los lugares más visitados (coordenadas y nombres).

4. RESULTADOS

4.1. Buceo Autónomo

4.1.1. Sitios más visitados

Durante los eventos de monitoreo de impactos en el arrecife con la actividad de Buceo Autónomo (BA), se registró una mayor cantidad de buzos totales (sumatoria de clientes, guías y fotógrafos) en la TAV que en la TB, siendo La Bocana el sitio con más buzos registrados (Tabla 10).

Tabla 10. Total de buzos registrados por temporada. TAV= temporada alta de verano; TB= temporada baja.

Sitio	Total de buzos		TOTAL/ SITIO
	TAV	TB	
Tanchacté	10	7	17
La Bocana	11	10	21
La Pared	5	5	10
Total/ temp	26	22	48
%	54	46	

4.1.2. Análisis de impactos

Con relación a los impactos observados, se tiene que el 49% (n=124) en ambas temporadas corresponde a ‘tocando coral’. Durante la TAV se registró un 45,1% (n=46) y un 52,3% (n=78) en la TB del total de impactos registrado. El impacto ‘levantando sedimento’ fue el segundo impacto registrado con mayor frecuencia, con un 21,6 % (n=22)

en TAV y un 30,2% (n=45) en TB del total de impactos. En la TAV, los impactos de ‘colecta de organismo’ y ‘alimentando peces’ fueron los más bajos. Durante la TB, los impactos de ‘rompiendo coral, colecta de organismo, acosando organismo y alimentando peces’ no tuvieron registro.

Del total de impactos registrados para ambas temporadas, el sitio con mayor cantidad de registros fue La Bocana con un 41% (n=42) en TAV, y 42% (n=63) en TB. Tanchacté Norte ocupó el segundo lugar también en TAV con un 37% (n=28), y La Pared en TB con un 33% (n=49) (Tabla 11).

El impacto derivado de tocar coral representó más del doble de los registros que los impactos producidos por el siguiente impacto más común, levantar sedimento (Tabla 11).

Al analizar los impactos en función del origen, para el caso de estar “tocando coral”, el 75% de los casos provienen de los buzos (clientes) y lo hacen con las aletas. Sin embargo, es también elevado el porcentaje de daño atribuible al comportamiento de los guías (24%); de cada cuatro buzos que tocan coral, uno de ellos es el guía. Se observa un mayor número de impactos en la TB frente a la TAV (Tabla 12).

Aproximadamente dos tercios (67%) del impacto “levantando sedimento” es causado con las aletas por parte de los buzos (clientes). El 33% de las ocasiones en las que se generó una nube de sedimento, ésta fue generada por los guías (Tabla 13).

Tabla 11. Impactos registrados por minuto, durante media hora, en el buceo autónomo durante la temporada alta de verano (TAV) y la temporada baja (TB).

Sitio:		Parado en arena	Levantando sedimento	Parado en coral	Tocando coral	Rompiendo coral	Colecta de organismo	Manipulando organismo	Tocando organismo	Acosando organismo	Alimentando peces	TOTAL	%
TAV	Tanchacté	10	7	1	12	1	1	1	3	1	1	38	37
	La Bocana	1	4	2	30	5	0	0	0	0	0	42	41
	La Pared	4	11	0	4	0	0	1	1	1	0	22	22
	TOTAL	15	22	3	46	6	1	2	4	2	1	102	100
	%	14,7	21,6	2,9	45,1	5,9	1	2	3,9	2	1	100	
TB	Tanchacté	5	12	0	19	0	0	1	0	0	0	37	25
	La Bocana	0	16	0	46	0	0	0	1	0	0	63	42
	La Pared	11	17	8	13	0	0	0	0	0	0	49	33
	TOTAL	16	45	8	78	0	0	1	1	0	0	149	100
	%	10,7	30,2	5,4	52,3	0	0	0,7	0,7	0	0	100	
Sumatoria	31	67	11	124	6	1	3	5	2	1	251		
%	12	27	4	49	2	0	1	2	1	0	100		

Tabla 12. Origen del impacto "tocando coral" para buceo autónomo. a= aleta; m= mano; p=pierna; e= equipo; t=tanque; ND= no determinado.

Temporada	Buzos						Guías						Fotógrafos		Total
	a	m	p	e	t	ND	a	m	p	e	t	ND	m	ND	
Alta Verano	26	2	1	3	1	1	16	2	4	2	0	0	0	0	58
Baja	142	4	32	7	1	4	20	2	4	18	1	2	1	1	239
Total	168	6	33	10	2	5	36	4	8	20	1	2	1	1	297
						224						71		2	
Porcentajes						75%						24%		1%	100%

Tabla 13. Origen del impacto "levantando sedimento" para buceo autónomo. ND= no determinado.

Temporada	Buzos			Guías				Total
	aleta	mano	ND	aleta	mano	equipo	ND	
Alta Verano	6	2	24	1	2	0	0	35
Baja	46	0	17	10	1	3	30	107
Total	52	2	41	11	3	3	30	142
			95				47	
Porcentajes			67				33%	100%
			%					

4.1.3. Tipo de fondo

El fondo predominante al analizar los buceos en conjunto fue de arrecife con un 69,9% (n=283) del total de registros, seguido por arenal con un 26,7% (n=108), y pastos marinos con un 3,5% (n=14) (Figura 5). En La Bocana y Tanchacté Norte el fondo más común registrado fue de pastos y arrecife con un 65,1% (n=112) y 89 % (n=153) respectivamente; mientras que en La Pared se registró un 18% (N=31) de arenal (Tabla 14).

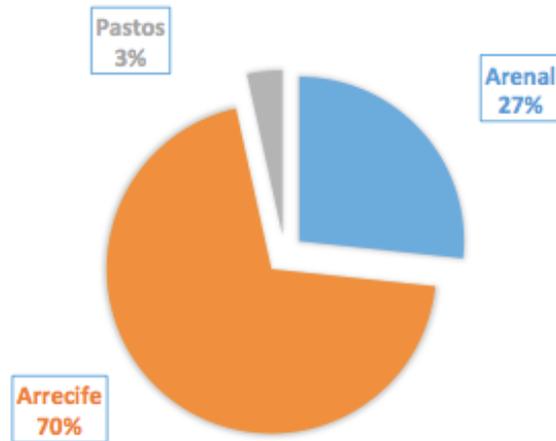


Figura 5. Tipo de fondo observado en las jornadas de monitoreo de buceo autónomo durante las TAV y TB, juntas.

Tabla 14. Fondo registrado por sitio en buceo autónomo en temporada alta de verano y temporada baja.

Sitio	Arenal	%	Arrecife	%	Pastos	%
Tanchacté	58	33,7	112	65,1	2	1,2
La Bocana	19	11,0	153	89,0	0	0,0
La Pared	31	18,0	18	10,5	12	7,0
TOTAL/ FONDO	108		283		14	
%	26,7		69,9		3,5	

4.1.4. Presencia de *Acropora*

La especie de coral *Acropora cervicornis* fue la más comúnmente observada para buceo autónomo con un 78,2% (n=43) del total de registros. En La Bocana, todas las especies de *Acropora* observadas fueron de *A. palmata* (n=7); Tanchacté Norte registró un 89,6% de *A. cervicornis* mientras que en La Pared no hubo registros de ninguna de estas especies (Tabla 15).

Tabla 15. Registros de *Acropora* durante el monitoreo de buceo autónomo, en temporada alta de verano y temporada baja. %= proporción de los registros de cada especie del total registrado por sitio.

Sitio	<i>Acropora palmata</i>	%	<i>Acropora cervicornis</i>	%	TOTAL
Tanchacté	5	10,4	43	89,6	48
La Bocana	7	100	0	0	7
La Pared	0	0	0	0	0
TOTAL por spp	12		43		55
%	21,8		78,2		

4.1.5. Profundidad

La profundidad media de los sitios de buceo autónomo visitados fue de 7,98 m. Se registró la profundidad inicial y final de los sitios donde se obtuvieron registros en TAV y TB. En Manchones y Cazones no se lograron réplicas; en La Pared la profundidad media es de 6 m según las encuestas. El sitio registrado más profundo fue Tanchacté con casi 11 m en promedio (Tabla 16).

Tabla 16. Profundidad en metros de los sitios de monitoreo para buceo autónomo en temporada alta de verano y temporada baja.

Sitio	Media (m)	Profundidad (m)	
		Inicial	Final
La Bocana	5,00	3,40	6,60
Tanchacté	10,95	9,00	12,90
PROMEDIO	7,98	6,20	9,75

4.2. Buceo Libre

4.2.1. Sitios más visitados

Durante el monitoreo de impactos del buceo libre (BL), se registró una mayor cantidad de buzos (total de turistas, guías y fotógrafos) en la TAV (43%) que en la TB (34%). Ambas temporadas se realizaron con el mismo esfuerzo de muestreo (cinco jornadas de 8 a 10 horas de monitoreo). Por el contrario, en la temporada alta de invierno (TAI) sólo se pudo llevar a cabo el monitoreo durante 3 de los 5 días de monitoreo (60%) por lo que estos resultados son menos representativos. En la TAI, el número de buzos registrados en buceo libre representó el 22% del total. Tanchacté Norte fue el sitio con más presencia de buzos registrados, seguido de Tanchacté Sur y Radio Pirata (Tabla 17). El bajo número de réplicas logrado en La Bonanza, no permite considerar esos resultados de forma significativa. Así mismo, la baja cantidad de réplicas logradas en la TAI, previene de incluir estos datos en el análisis.

En promedio, en Tanchacté Norte se registraron 70 buzos por temporada durante el período de observación, casi el doble que en el siguiente sitio más visitado, Tanchacté Sur (38,7 buzos por temporada). Ambos sitios representan las principales unidades arrecifales

autorizadas a un operador turístico de mediano-gran tamaño (“Snorkelling Adventures” de Alltournative).

Tabla 17- Total y promedio de buzos registrados por temporada. TAV= temporada alta de veranon; TB= temporada baja; TAI= temporada alta de invierno. Se resaltan en negrtia los valores más altos.

Sitio	Número de buzos			TOTAL / SITIO	Promedio buzos / sitio
	TAV	TB	TAI		
Bonanza	5	0	0	5	1,7
Tanchacté Norte	77	72	61	210	70,0
Tanchacté Sur	59	57	0	116	38,7
Radio Pirata	34	20	45	99	33,0
La Bocana	30	20	0	50	16,7
Ojo de Agua	8	0	4	12	6,0
TOTAL / TEMPORADA	213	169	110	382	
%	56%	44%	29%		

4.2.2. Análisis de impactos

Respecto a los impactos observados, se tiene que el 44,8% (n=74) de los impactos registrados para buceo libre en ambas temporadas fue ‘tocando coral’. Durante la TAV se registró un 41% (n=50) y un 55,8% (n=24) durante la TB (Tabla 18) del total de impactos registrado.

Tabla 18. Impactos registrados por minuto (tiempo máximo = 30 minutos) durante el monitoreo del buceo libre, para las tres temporadas.

Sitio:		Parado en arena	Levantando sedimento	Parado en coral	Tocando coral	Rompiendo coral	Colecta de organismo	Manipulando organismo	Tocando organismo	Acosando organismo	Alimentando peces	TOTAL	%
TAV	Bonanza	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	6	4,9
	Tanchacté N	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7	5,7
	Tanchacté S	5	26	4	20	0	0	0	0	1	0	56	45,9
	Radio Pirata	5	14	2	17	1	0	0	0	0	0	39	32
	La Bocana	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	8	6,6
	Ojo de Agua	0	0	0	1	0	0	3	2	0	0	6	4,9
	TOTAL	10	49	6	50	1	0	3	2	1	0	122	100
%	8,2	40,2	4,9	41	0,8	0	2,5	1,6	0,8	0	100		
TB	Bonanza	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Tanchacté N	0	1	2	13	0	0	0	0	0	0	16	13.1
	Tanchacté S	0	9	0	8	0	0	0	0	1	0	18	14.8
	Radio Pirata	0	4	0	3	0	0	0	2	0	0	9	7,4
	La Bocana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ojo de Agua	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	TOTAL	0	14	2	24	0	0	0	2	1	0	43	35,2
%	0	32,6	4,7	55,8	0	0	0	4,7	2,3	0	100		
TAI	Bonanza	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Tanchacté N	0	31	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tanchacté S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA
	Radio Pirata	0	15	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0
	La Bocana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ojo de Agua	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	46	2	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	0	42	2	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumatoria	10	109	10	126	1	0	3	4	2	0		165	
%	3,7	41,1	3,7	47,5	0,5	0	1,1	1,5	0,8	0			

El impacto ‘levantando sedimento’ fue el segundo más registrado con un 40,2 % (n=49) en la TAV y un 32,6% (n=14) durante la TB.

El único impacto sin registro alguno fue de ‘colecta de organismo’.

El sitio con mayor cantidad de impactos registrados fue Tanchacté Sur con un 45,9% (n=56), seguido por Radio Pirata con un 32% (n=39). Los dos sitios con menor número de impactos registrados fueron Ojo de Agua y La Bonanza ambos con un 4,9% (n=6) del total de impactos.

En la TAV, los impactos de ‘colecta de organismo’ y ‘alimentando peces’ no tuvieron registros.

Durante la TB, los impactos de ‘parado en arena, rompiendo coral, colecta de organismo, manipulando organismo y alimentando peces’ no tuvieron registro.

El sitio con mayor cantidad de impactos registrados durante ambas temporadas fue Tanchacté Sur con un 45,9% (n=56) en TAV, y 14,8% (n=18) en TB. Radio Pirata ocupó el segundo lugar con mayor cantidad de impactos durante la TAV con un 32% (n=39); y Tanchacté Norte en la TB con un 13,1% (n=16) (Tabla 18). En la TAI no se lograron

suficientes réplicas. Aun así, se mantiene la tendencia con un 52% de los impactos registrados “tocando coral” en Radio Pirata.

Los impactos ‘parado en arena, rompiendo coral, colecta de organismo, manipulando organismo y alimentando peces’ no tuvieron resgistro en las escasas réplicas (n= 9) logradas durante la TAI.

Durante la TAV, Tanchaté Sur registró el mayor número de impactos de usuarios “levantando sedimento” con una gran cantidad de visitantes en relación a los demás sitios. En Tanchacté Norte, con mayor número de visitantes, se registró un número de impactos mucho menor que en Tanchacté Sur. El Ojo de agua presentó una gran cantidad de impactos para un número bajo de buzos, debido al comportamiento de un grupo en particular (Figura 6).

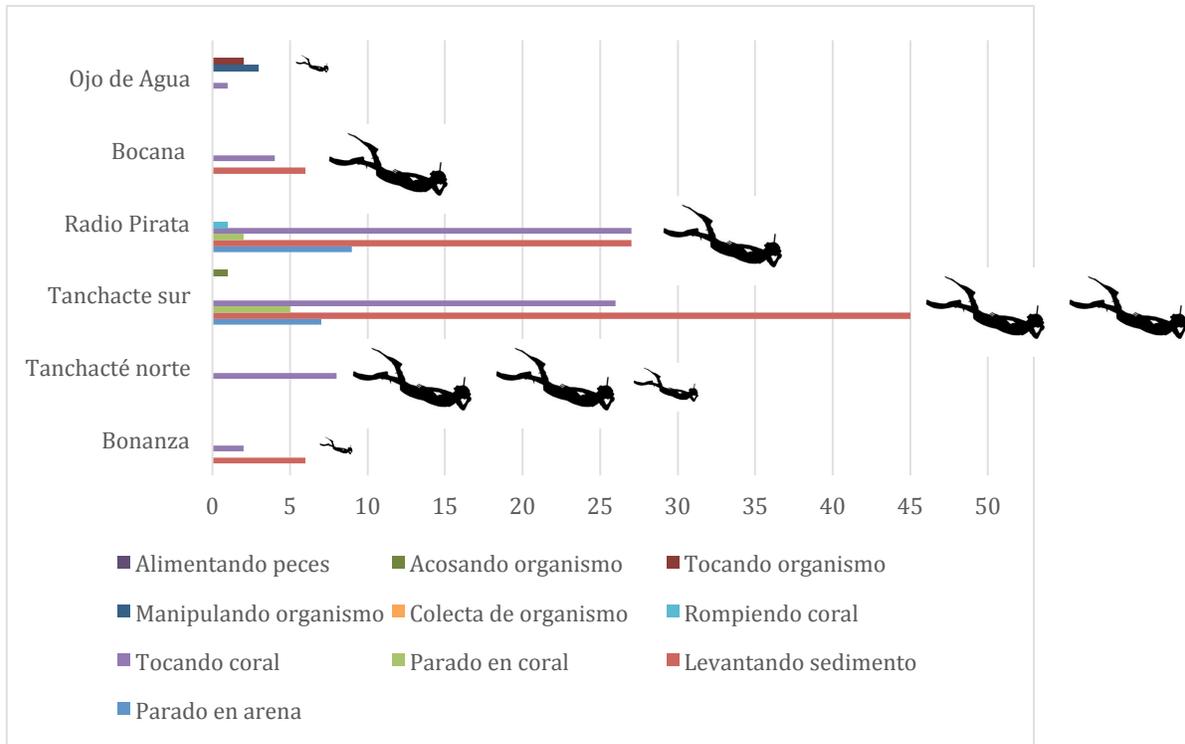


Figura 6. Impactos registrados (número de eventos observados) durante los monitoreos en temporada alta de verano, por sitio. El número y tamaño de las siluetas representan la cantidad de buzos con base en la tabla 17.

Durante la TB, se registró un alto número de impactos directos de usuarios “tocando coral” en Tanchacté Norte. En dos sitios no se registraron buzos (Ojo de Agua y La Bonanza) por lo que no se cuenta con datos. En La Bocana sí hubo buzos, pero éstos no generaron impactos (Figura 7).

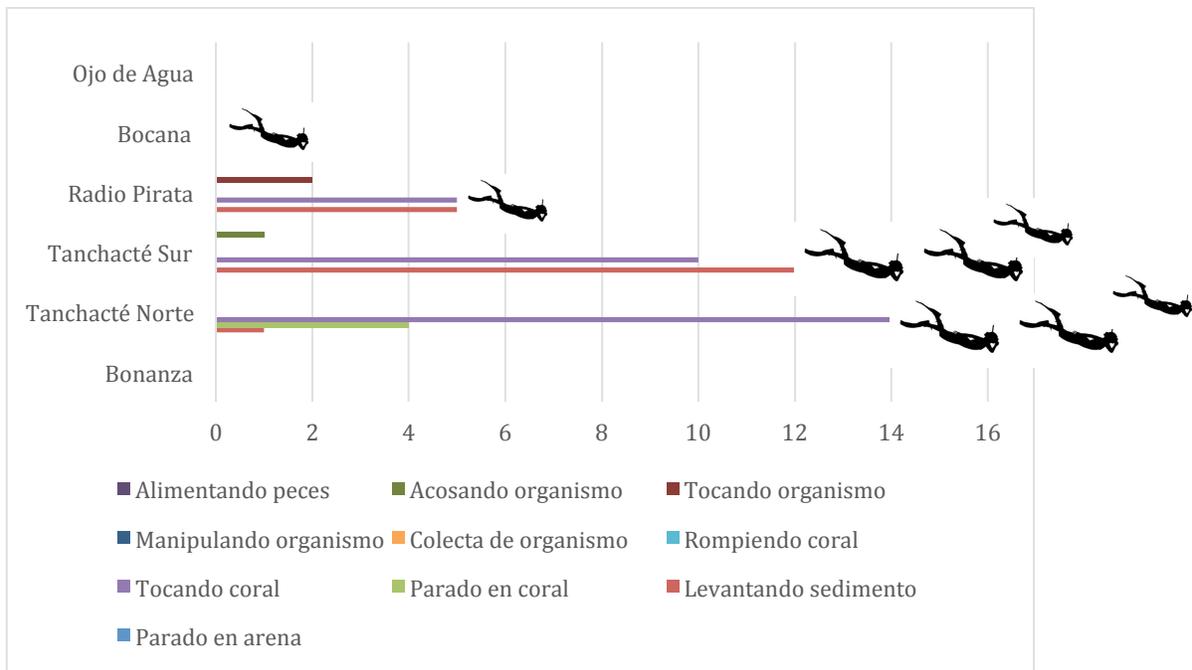


Figura 7. Impactos registrados durante el monitoreo en la temporada baja, por sitio.

Las siluetas representan la cantidad de buzos con base en la tabla 17.

Finalmente, durante la TAI en Radio Pirata destacó el alto número de registros de buzos “tocando coral”, seguido de Tanchacté Norte con más de 30 registros de buzos “levantando sedimento”. En La Bonanza, Tanchacté Sur y La Bocana, no se registraron buzos (Figura 8).

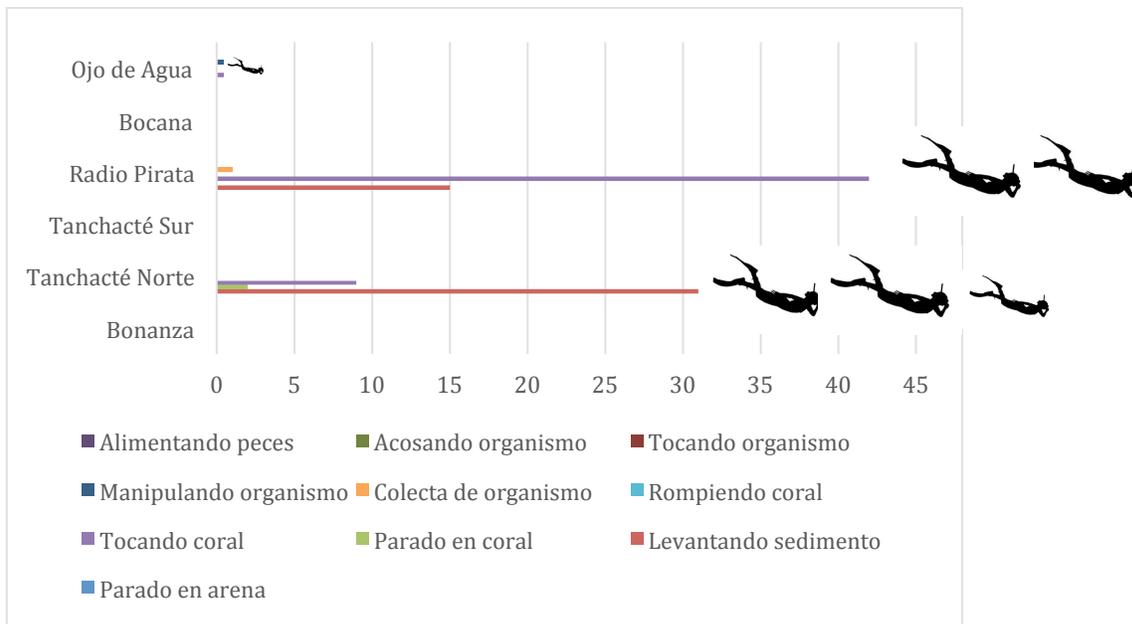


Figura 8. Impactos registrados durante los monitoreos en temporada alta de invierno, por sitio. El tamaño y número de las siluetas representan la cantidad de buzos con base en la tabla 17.

Al analizar el impacto “tocando coral” encontramos que el 85% de los impactos proviene de buzos (clientes) generalmente provocados con las aletas (109 contactos, n=149) (Tabla 19).

Tabla 19. Origen del impacto "tocando coral" en buceo libre. a= aleta; m= mano; p= pierna; ND= no determinado.

Temporada	Buzos				Guías			Fotógrafos		Total
	a	m	p	ND	a	m	ND	a	ND	
Alta Verano	51	6	3	1	0	0	7	0	0	68
Baja	14	0	0	7	2	1	0	2	3	29
Alta Invierno	44	1	0	0	6	0	0	1	0	52
Total	109	7	3	8	8	1	7	3	3	149
				127			16		6	
Porcentajes				85%			11%		4%	100%

El impacto “levantando sedimento” tiene origen en un 93% de los casos en los buzos (clientes) y se produce con las aletas (Tabla 20). En total, durante el período de monitoreo, se registraron 148 nubes de sedimento en ambientes arrecifales.

Ambos impactos fueron muy frecuentes y en ambos casos realizados predominantemente por los buzos visitantes (clientes), con las aletas.

Tabla 20. Origen del impacto "levantando sedimento" en buceo libre. ND= no determinado.

Temporada	Buzos		Guías		Fotógrafos		Total
	aleta	ND	aleta	ND	aleta	ND	
Alta Verano	77	6	1	0	0	0	84
Baja	15	1	0	1	1	0	18
Alta Invierno	33	5	4	2	0	2	46
Total	125	12	5	3	1	2	148
		137		8		3	
Porcentajes		93%		5%		2%	100%

4.2.3. Tipo de fondo

El fondo predominante en los sitios de buceo libre fue de arrecife con un 46% (n=512) del total de registros de fondo, seguido por pastos con un 44% (n=447) y arenal con un 9% (n=100) (Figura 9).

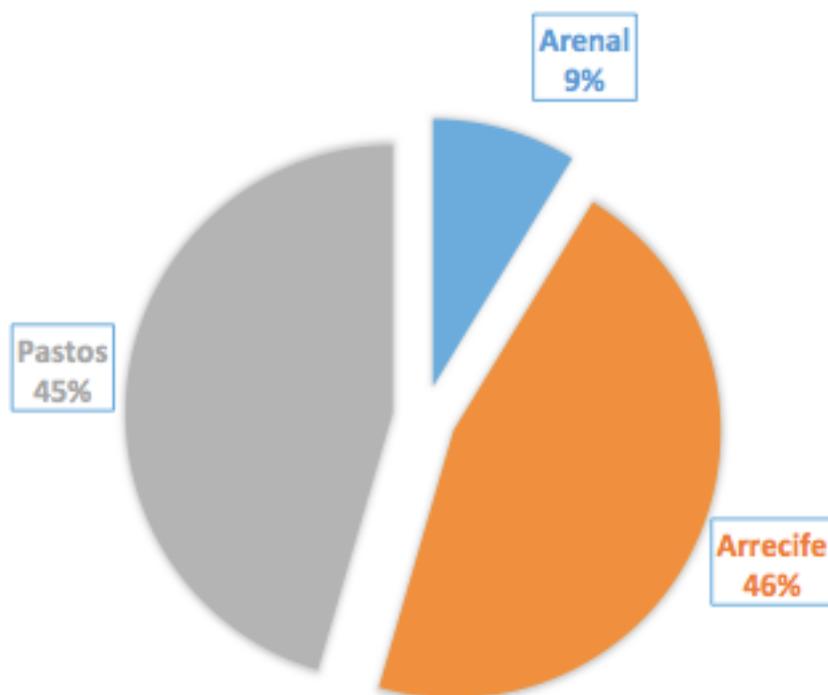


Figura 9. Tipo de fondo observado durante los eventos de monitoreo en buceo libre durante las TAV, TB y TAI juntas.

En Tanchacté Norte y La Bocana el fondo más común registrado fue de arrecife con un 63.1% (n=154) y 50,8% (n=93) respectivamente; en Tanchacté Sur y Radio Pirata se registró el fondo de pastos como el más común ambos con 57% (n=128 y n=142 respectivamente). En el Ojo de Agua, el fondo de arenal fue el más común con un 57,3% (n=75) (Tabla 21).

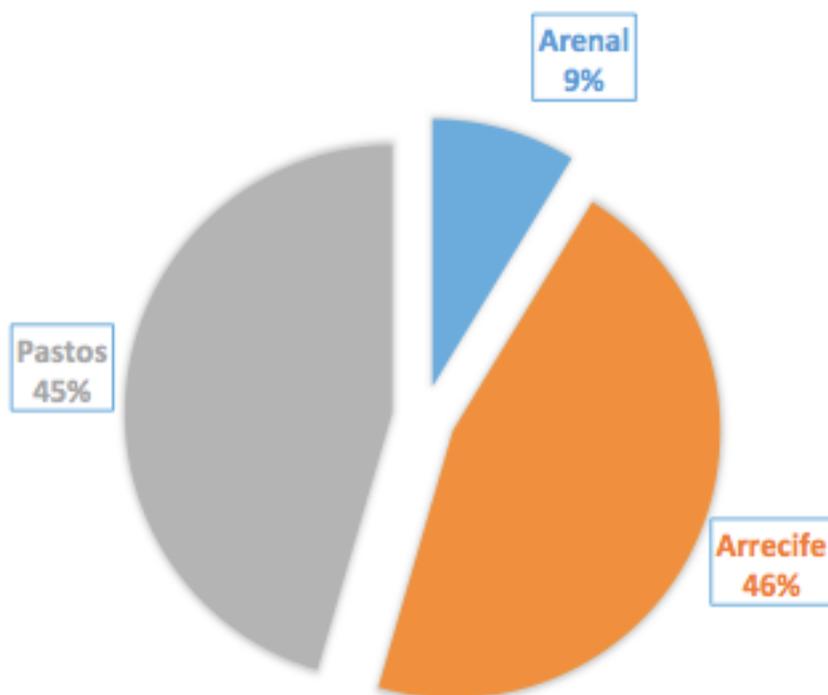


Figura 9. Tipo de fondo observado durante los eventos de monitoreo en buceo libre durante las TAV, TB y TAI juntas.

Tabla 21. Fondo registrado en sitios de buceo libre, juntando temporadas, por sitio.

Sitio	Arenal	%	Arrecife	%	Pastos	%
Bonanza	6	22,2	8	29,6	13	48
Tanchacté Norte	7	2,87	154	63,1	83	34
Tanchacte Sur	2	0,89	95	42,2	128	57
Radio Pirata	1	0,4	106	42,6	142	57
La Bocana	9	4,92	93	50,8	81	44
Ojo de Agua	75	57,3	56	42,7	0	0
TOTAL registros	100		512		447	
%	9,4		48,3		42,2	

4.2.4. Presencia de Acroporas

La especie de coral cuerno de alce (*Acropora palmata*) fue la más comúnmente observada con un 96.9% (n=94) del total de registros. En todos los sitios con excepción de La Bonanza y Ojo de Agua se registró *A. palmata*, mientras que Bonanza fue el único sitio donde se registró el coral cuerno de ciervo (*A. cervicornis*) con un 100% (n=3). En el Ojo de Agua no se registró ninguna especie de acropórido (Tabla 22).

Tabla 22. Registros de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* durante el monitoreo de buceo libre en las temporadas alta de verano y baja. %= proporción de los registros de cada especie, del total registrado por sitio.

Sitio	<i>Acropora palmata</i>	%	<i>Acropora cervicornis</i>	%	TOTAL por sitio
La Bonanza	0	0	3	100	3
Tanchacté norte	32	100	0	0	32
Tanchacte sur	8	100	0	0	8
Radio Pirata	4	100	0	0	4
La Bocana	50	100	0	0	50
Ojo de Agua	0	0	0	0	0
TOTAL por spp	94		3		97
% por spp	96,9		3,1		

4.2.5. Profundidad

Para analizar el número de impactos con relación a la profundidad, se toman los datos de buceo libre. La profundidad media de los sitios de buceo libre monitoreados fue de 2,74 m. Los sitios más profundos fueron La Bocana y Tanchacté Norte con 3,35 m de profundidad media; mientras que el más somero fue Tanchacté Sur con 1,60 m (Tabla 23).

Tabla 23. Profundidad media en los sitios de buceo libre monitoreados.

Sitio	Media (m)	Profundidad (m)	
		Inicial	Final
La Bocana	3,35	1,70	5,00
Bonanza	2,50	2,50	2,50
Ojo de Agua	3,30	3,20	3,40
Radio Pirata	2,35	2,10	2,60
Tanchacté Norte	3,35	2,70	4,00
Tanchacté Sur	1,60	1,20	2,00
PROMEDIO	2,74	2,33	3,25

4.3. Encuestas

Durante la entrevista, se apuntaron los temas y preocupaciones adicionales que los operadores de turismo y permisionarios abordaron. Estos comentarios se resumieron en ocho temas principales: relevante a concientización y cursos, sobre la zonación de permisos, sobre el boyado, sobre usuarios foráneos (entendiéndose foráneos como aquellas personas que no viven en Puerto Morelos, es decir ‘no locales’), sobre vigilancia y control, sobre falta de información por parte del PN, sobre el manejo en general y otros.

Los temas con más comentarios se pueden subdividir en:

- i) ‘Concientización y cursos’ se comentó la necesidad de hacer más cursos sobre temas relevantes para los usuarios. Se repite la preocupación sobre la falta de comunicación de temas relevantes y resultados de estudios en el ANP. Se menciona que los cursos deberían ser gratis o más económicos para mayor accesibilidad y éxito, y que se impartan por gente local.
- ii) ‘Zonificación’. Se repitió el descontento con la zonificación de los permisos. Cuando es temporada alta, se agrupa demasiada gente en la misma zona (Radio Pirata y Tanchacté Norte y Sur) por lo que hay menos comodidad para los

clientes y más impacto en el sitio. Debido a la zonificación de permisos, los usuarios no pueden moverse a otros lugares con menos gente.

- iii) ‘Boyado’. Se sugiere que no haya más boyas en sitios de buceo autónomo, particularmente porque no quieren que foráneos encuentren ‘sus’ sitios de buceo. La excepción es el barco hundido donde se proponen una boya de ascenso y una de descenso particularmente en la temporada alta debido a la aglomeración de gente en la misma cuerda.
- iv) ‘Uso del parque por foráneos’. Se registró repetidamente el desacuerdo de los usuarios a que se permita la operación en el PN a operadores foráneos, particularmente en relación a la capacitación de sus guías, ya que no les exigen los cursos que se solicitan a los guías locales.
- v) ‘Vigilancia y control’. Se repite la sugerencia de implementar mayor y mejor vigilancia en todos los aspectos del manejo y regulación del PN, particularmente a verificar que guías tengan certificados relevantes y credencial del parque.
- vi) ‘Falta de información por parte del parque’. Se expresó interés por parte del sector de operadores de turismo y permisionarios por entender mejor las regulaciones y los cambios en éstas. Particularmente se registra la necesidad de crear un mapa que incluya todos los sitios con sus nombres y coordenadas.

4.4. Visitas de verificación

Es posible que la baja observación de visitantes en buceo autónomo se deba a que los sitios monitoreados no sean los más visitados por las personas que practican buceo autónomo en el Parque. Las entrevistas realizadas pretendieron dilucidar esto, mostrando una coincidencia muy baja entre los sitios monitoreados y los lugares más visitados. Algunos de ellos están fuera de la poligonal del ANP o bien no se trata de sitios arrecifales naturales.

Las entrevistas a los prestadores de servicios turísticos acuáticos de buceo libre y autónomo del PNAPM fueron realizadas durante los primeros quince días del mes de octubre, ya que dependía de la disponibilidad de los prestadores de servicios. En noviembre, se realizó la visita de verificación a cada uno de los seis sitios más frecuentados de buceo libre y de buceo autónomo según lo indicado por los operadores turísticos en las entrevistas. En estos sitios, se realizó una salida con la finalidad de corroborar los datos proporcionados en las entrevistas.

En las entrevistas a los operadores de turismo se les preguntó sobre los cinco sitios que más frecuentaban para buceo libre y autónomo enlistados en la Tabla 24. Para realizar la visita de verificación, se tomaron los tres lugares más mencionados para cada actividad. En buceo autónomo, los tres sitios más visitados son el “Barco hundido” (cañonero C56 Juan Escutia), “Fish Market” (en la linde sur del ANP) y “Jardines” (conocido como J3, frente al muelle fiscal); mientras que en buceo libre, los sitios más visitados según las encuestas fueron La Bocana, Radio Pirata (estos dos primeros, sitios ya muestreados en este monitoreo) y Jardines. Los sitios “Jardines” de BA y BL son lugares diferentes que reciben

el mismo nombre (Tabla 25), también diferenciados por su profundidad (“Jardines somero” para BL y “Jardines profundo” para BA).

Las características enlistadas durante las visitas de verificación para cada sitio de buceo autónomo se describen en la Tabla 26 y para buceo libre en la Tabla 27. Al comparar la información proporcionada por los operadores de turismo y la encontrada durante las visitas de verificación a sitios de buceo autónomo (Tabla 28), se encuentra que las características generales de cada sitio son muy similares entre ambas fuentes, con excepción de los registros de *Acropora* en Fish Market y la cantidad de megafauna enlistada. Mientras que los operadores de turismo registran *Acropora* en este sitio, el equipo de monitoreo no registró presencia de esta especie durante el recorrido de verificación. La megafauna enlistada tiene más especies registradas por el equipo de monitoreo durante las visitas que por los operadores de turismo. De manera similar, las características generales de los tres sitios más visitados de buceo libre (Tabla 29) son similares en ambas fuentes con la excepción de la presencia de *A. cervicornis* que se registra por los operadores de turismo en todos los sitios, mientras que las visitas de verificación no registraron esta especie.

Tabla 24- Lista de lugares más visitados para buceo autónomo (BA) y buceo libre (BL) con características mencionadas por los operadores de turismo.

Actividad	Nombre	Menciones	Prof (m)	Tipo de fondo	Intensidad de corriente	Mención de <i>A. palmata</i>	Mención de <i>A. cervicornis</i>	Megafauna
BA	Jardines	11	2 a 18	arrecife, cordillera, arena	moderada	5	2	Tortuga, raya
BA	Barco Hundido	10	27 a 30	barco-arenal	fuerte	0	0	Rayas, morena, tortuga, barracuda
BA	Fish Market	7	10 a 14	arenal-cordillera baja-cabezos	moderada	1	1	Rayas, tortugas, tiburón gata
BA	Rodman	6	5 a 27	arena, cordillera, laja	moderada	5	4	Tiburón gata, toro, raya, tortuga, morena
BA	Acuarios	4	13 a 15	arenal-dedos arrecife	moderada	2	3	Delfín, balá, tortugas, raya águila
BA	La Pared	4	5 a 8	arenal, pasto	poca	4	0	Tiburón gata, rayas, tortugas
BL	Radio Pirata	9	1.5 a 4	cabezos-pastos	poca	7	6	Rayas y tortugas
BL	Rodman	6	3.5 a 6	Arrecife/arenal/pasto	moderada	6	3	Tortuga, raya águila
BL	Jardines	4	0.5 a 15	cabezos-pastos	moderada	3	1	Tiburón gata, raya, tortuga
BL	La pared	2	2	arena, pasto, cabezos	moderada	1	0	Tortugas
BL	Fox	2	2	coral blando, pasto	poca	1	0	Mero, peces

Tabla 25. Coordenadas de los sitios más visitados según las encuestas, por actividad. BA= buceo autónomo; BL= buceo libre.

Unidad Arrecifal	Sitio	Fecha	Coordenadas UTM 16Q	
			X	Y
Puerto Morelos	Barco hundido C56	09-nov-16	516910	2305956
BA Puerto Morelos	La Pared	09-nov-16	512721	2302653
Fuera del PNAPM	Fish Market / Jardines	09-nov-16	512216	2301331
Puerto Morelos	La Bocana	09-nov-16	515425	2308305
BL Puerto Morelos	Radio Pirata	09-nov-16	513930	2305802
Puerto Morelos	Jardines	09-nov-16	513087	2303477

Tabla 26. Descripción obtenida durante las visitas de verificación a los tres lugares más visitados por los operadores de buceo autónomo.

Sitio	Barco Hundido	Jardines/acuario	Fish Market
CONDICIONES DE CAMPO			
Corriente	Moderada NE-E	Poca	Poca (NE)
Oleaje	Mucho, olas grandes	Medio	Poco
Visibilidad	10 m	15 m	10 m
Profundidad	27.8 m	14.3 m	10.8 m
Tipo de arrecife	Artificial	Dedos de formaciones coralinas.	Laja con elevaciones de comunidades coralinas.
Descripción	A babor E-SE y rodear barco en función de la corriente	Siguiendo corriente al Norte, en perpendicular al arrecife de dedos, se va bordeando por las lenguas de arrecife en zigzag hacia el NE	NE sobre arenal rodeando arrecife. En un punto se navega sobre el arenal hacia el N o NE a través de unas rocas sueltas
ESPECIES CLAVE ENCONTRADAS			
<i>A. cervicornis</i>	No	Si	No
<i>A. palmata</i>	No	Si	No
Tortuga	No	No	No
Elasmobranquios	7 rayas águila	No	No
Otra megafauna	barracuda, pez globo, jureles, Ballesta, jureles, cirujanos, roncós	Morena pinta, calamar de arrecife, mero, loro, ángel, langosta, roncós, otros corales duros	Roncós, loro, cirujanos, langosta otros corales duros
Pastos	no	no	si

Tabla 27. Descripción obtenida durante las visitas de verificación a los tres lugares más visitados por los operadores de buceo libre.

Sitio	Rodman	Radio Pirata	Jardines
CONDICIONES DE CAMPO			
Corriente	Moderada	Moderada	Fuerte
Oleaje	Moderado	Moderado	Moderado
Visibilidad	10 m	10 m	10 m
Profundidad	5.6 m	2.3 m	1.8 m
Tipo de arrecife	Laja con coral blando y cabezos	Cabezos de arrecife y pastos	Pastos con cabezos
ESPECIES CLAVE			
<i>A. cervicornis</i>	No	No	No
<i>A. palmata</i>	Si	No	Si
Tortuga	No	No	No
Elasmobranquios	No	No	Raya amarilla
Otra megafauna	Pez globo, tortuga carey	Barracuda, caracol rosado, palometas, jureles, raya amarilla	Mero, barracuda, pargo
Pastos	si	si	si

Tabla 28. Características principales de los tres sitios favoritos de buceo autónomo; comparación entre la información enlistada por los operadores turísticos y la información recabada durante las visitas de verificación.

Categoría	Operadores de Turismo	Visita de Verif.	Operadores de Turismo	Visita de Verif.	Operadores de Turismo	Visita de Verif.
Nombre	Jardines		Barco Hundido		Fish Market	
Menciones	11	NA	10	NA	7	NA
Profundidad (m)	2 a 18	14.3	27 a 30	27.8	10 a 14	10.8
Tipo de fondo	Arrecife, cordillera, arena	Dedos de formaciones coralinas	Barco-arenal	Barco (artificial), rodeado de arenal	Arenal, cordillera baja, cabezos	Laja con elevaciones de comunidades coralinas.
Intensidad de corriente	Moderada	Moderada	Fuerte	Moderada	Moderada	Poca
Mención de <i>A. palmata</i>	3	si	0	0	4	0
Mención de <i>A. cervicornis</i>	2	si	0	0	4	0
Megafauna	Tortuga, raya	Morena, calamar de arrecife, mero, loro, ángel, langosta, roncós	Rayas, morena, tortuga, barracuda	7 rayas águila, barracuda, pez globo, jureles, ballesta, bar jack, cirujanos, roncós	Rayas, tortugas, tiburón gata	Roncós, loro, cirujanos, langosta otros corales duros

Tabla 29. Características principales de los tres sitios de buceo libre más mencionados; comparando con la información enlistada por los operadores turísticos y las visitas de verificación.

Categoría	Operadores de Turismo	Visita de Verif.	Operadores de Turismo	Visita de Verif.	Operadores de Turismo	Visita de Verif.
Nombre	Radio Pirata		Rodman		Jardines	
Menciones	9	NA	6	NA	4	
Profundidad (m)	1.5 a 4	2.3	3.5 a 6	5.6	0.5 a 15	
Tipo de fondo	cabezos, pastos	cabezos de arrecife y pastos	Arrecife, arenal, pasto		cabezos-pastos	
Intensidad de corriente	poca	moderada	moderada	moderada	moderada	
Mención de <i>A. palmata</i>	7	si	6	no	3	si
Mención de <i>A. cervicornis</i>	6	no	3	no	1	no
Megafauna	Rayas y tortugas	barracuda, caracol rosado, palometas, jacks, raya amarilla	Tortuga, raya águila	Pez globo, tortuga carey	Tiburón gata, raya, tortuga	mero, barracuda, pargo

5. DISCUSIÓN

Según el Programa de Manejo (INE, 2000) se permite el buceo libre (snorkel) con ocho visitantes por guía en la zona VI de uso recreativo semi-intensivo, ubicada en la parte oeste de la rompiente arrecifal, en el arrecife posterior (donde se ubican todos los sitios de monitoreo de buceo libre). El buceo autónomo se realiza principalmente en las zonas V y VII que corresponden a las áreas profundas fuera de la barrera arrecifal, con hasta 6 visitantes permitidos por guía (regla 60 del Programa de Manejo) dadas sus características de corrientes, oleaje, etc.

El manejo adecuado de un grupo está relacionado con la cantidad de visitantes por guía. Al agrandarse el grupo, se reduce la capacidad de control por lo que las malas prácticas en el buceo pueden contribuir a la degradación de un sitio visitado (Santander-Botello & Propin-Frejomil, 2009).

En los sitios visitados, el comportamiento de los buzos variaba mucho con la atención del guía. En los lugares someros se observó que es más importante que la actividad se realice en grupos pequeños, en comparación con sitios profundos. Aun así, algunos sitios profundos (como Tanchacté Norte) registraron eventos puntuales de muchos impactos originados por uno o dos buzos en concreto. En ese caso, una muestra mayor permitiría disminuir el efecto de estas puntualidades sobre los resultados. También indica que, sobre esos individuos es especialmente importante ejercer un mejor manejo de grupo por parte de los guías.

En los resultados de impactos de BA en dos temporadas (Tabla 12), se observó una mayor cantidad durante la TB frente a la TAV. Dado que en la TB se reciben menos

turistas, parece que la frecuencia de impactos está más relacionada a la experiencia y habilidad de los buzos que al número de buzos, como observó Santander (2009). Un visitante con experiencia y ciertas habilidades (acuaticidad, buena flotabilidad, conciencia ambiental, etc.) es menos probable que patee un organismo. Así mismo, un guía experimentado y capacitado, podrá detectar estas situaciones y disponer de herramientas para paliarlas.

En el PNAPM se lleva a cabo un programa de monitoreo biológico desde 2004 en seis sitios arrecifales, incorporando dos nuevos sitios arrecifales y dos praderas submarinas en 2008. Los sitios de monitoreo arrecifal coinciden con áreas de visitación para buceo libre y dos sitios de buceo autónomo (La Bocana y La Pared). Esto ha generado importantes bases de datos y conocimiento sobre el estado de conservación de los valores naturales del parque. Los sitios de monitoreo de este estudio fueron escogidos con base en las zonas de uso turístico y sitios de monitoreo biológico.

El decreto del parque permitió regular los usos y aprovechamientos como el turismo, estableciendo zonas de uso y manejo. Sin embargo, no se han realizado estudios que permitan evaluar los impactos de los visitantes en las actividades turísticas principales como buceo libre (snorkel) y buceo autónomo a pesar de que el PNAPM recibe turismo desde antes de ser un ANP. La necesidad de conocer el origen de los impactos para proponer sitios de buceo acorde a la experiencia de los buzos es esencial para un mejor manejo del parque asegurando la protección de sus arrecifes.

Se han llevado a cabo estudios de capacidad de carga y límite de cambio aceptable (Reyes, et al., 2008; OCEANUS, 2014) pero no se han tomado aun acciones de manejo con dicha información. Se trata de metodologías diferentes para estimar visitantes en un área,

por lo que se tendría que revisar primero la pertinencia de aplicación de uno u otro instrumento de planeación de uso público.

5.1. Esfuerzo de muestreo

Durante la temporada baja, la visitación disminuye debido a las lluvias y al mal clima. Esto reduce igualmente la visibilidad y por tanto calidad de la experiencia de los buzos, afectando especialmente a la actividad de buceo autónomo.

El estudio realizado en el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel cuantifica el esfuerzo de muestreo en número de horas de observación (PNAC / CONANP, 2013), realizando 7 réplicas por sitio evaluado (6 sitios). Las observaciones se hacen con un esfuerzo de monitoreo variable por sitio, no se especifica si se establece un periodo máximo de espera, posiblemente debido a que no fue necesario incluir este factor dada la constante presencia de visitantes en los sitios (PNAC / CONANP, 2013). Esto concuerda con lo realizado por otros estudios similares en áreas que reciben muchos visitantes (Zakai & Chadwick-Furman, 2002).

En el caso del presente estudio, fue necesario establecer un período de espera, debido a la variabilidad en la visitación (especialmente en buceo autónomo), la necesidad de estandarizar el esfuerzo de monitoreo y la distancia a la que se encuentran algunos sitios de monitoreo.

5.2. Sitios evaluados

El sitio en el que se registraron más buzos (44% de los registros) y más impactos en buceo autónomo fue La Bocana. Este es el sitio más somero de los muestreados para buceo autónomo, con un fondo dominante de arrecife. Así mismo, en La Bocana se registró un mayor número de impactos. Los sitios someros son usados en buceo autónomo para los cursos de iniciación, pero se requiere generalmente un sitio con boya (para contar con cabo de descenso), con un espacio amplio donde practicar habilidades sin dañar ningún organismo y con una profundidad ideal entre 6 y 9 m. El programa de experiencia de buceo (también llamado “bautismo”) establece el límite en 12 m y el curso de iniciación permite bucear hasta los 18 m de profundidad. Profundidades menores a 5-6 m dificultan la flotabilidad aumentando la probabilidad de impacto (PADI, 2016).

El sitio en el que se registraron más buzos durante el buceo libre fue Tanchacté Norte (210) seguido de Tanchacté Sur (116) y Radio Pirata (99). Para esta actividad, se registró la mayor cantidad de impactos en los sitios más someros (Tanchacté Sur). Este sitio es el que presentó un menor porcentaje de arrecife en cuanto al tipo de fondo, pero esto puede ser debido a la poca profundidad que impide nadar sobre las formaciones sin riesgo y por tanto, no se registra como fondo.

Esto sugiere que la profundidad puede ser un factor importante en cuanto a los impactos producidos en áreas someras, al incrementarse la probabilidad de contacto con las formaciones coralinas y el lecho marino.

El impacto del buceo libre ha sido menos estudiado que el impacto del buceo autónomo, pero dado que los turistas permanecen en la superficie ayudados por un chaleco de flotación tal y como indica la regla 62 del Programa de Manejo del ANP ((INE, 2000),

parece menos probable que impacten sobre las comunidades coralinas (Harriot et al., 1997). Sin embargo, un estudio en Maldivas (Allison, 1996) reportó la mayor cantidad de impactos causados por golpes de snorkeladores y al pararse sobre el coral. Se sugiere que al escoger los sitios de visitación permitidos lo suficientemente profundos como para impedir que una persona al ponerse en posición vertical no alcance el fondo con sus aletas o golpear los corales en posición horizontal (por ejemplo, sitios > 2m profundidad) (Harriot et al., 1997), se reduciría el daño originado por estos impactos.

Adicionalmente, otra estrategia a adoptar puede ser subzonificar las áreas de uso público ubicando lugares en función de su dificultad. Esto es posible en buceo autónomo donde los buzos requieren cierto nivel de conocimiento adquirido mediante un programa o certificación de buceo.

5.3. Tratamiento de los datos para buceo autónomo y libre

Para facilitar la discusión de los resultados con base en el tratamiento de los datos, se han juntado ambas actividades (buceo autónomo y libre), aunque no es posible analizar si existen diferencias absolutas en el número de impactos de cada actividad porque no se cuenta con el mismo número de réplicas. Para facilitar que la información de este estudio sea útil para el manejo del ANP, se ha observado la importancia de diferenciar las estrategias de manejo de visitantes para cada actividad debido a su naturaleza (áreas someras vs. profundas y facilidad para que el buzo entre al agua).

5.3.1. Sitios más visitados

Los sitios más visitados durante el monitoreo de buceo autónomo (como La Bocana) no son los lugares más visitados para la actividad en general según las encuestas.

En el caso del buceo libre los sitios más visitados (Tanchacté Norte y Sur) corresponden con sitios autorizados a permisionarios con operaciones de turismo de mediano a gran tamaño, que realizan salidas diariamente en grupos de hasta 20 turistas acompañados por tres guías. Sólo Tanchacté Norte recibió más del doble de turistas que los otros sitios observados, lo que sugiere que este sitio debe ser monitoreado con frecuencia. Esto es especialmente importante considerando la presencia de *Acropora palmata* en este sitio, dónde se registró el 32% de las observaciones de esta especie en buceo libre.

Los resultados de la evaluación de los visitantes y sus impactos sugieren que la cantidad de buzos no es el factor que más condiciona la cantidad de impactos, existiendo otros factores a tener en cuenta como ya se ha mencionado: la profundidad y la experiencia.

Se observaron más impactos según la cantidad de visitantes, pero el incremento no es proporcional. Es necesario contar con registros de más campañas para poder analizar un volumen de datos que permita observar relaciones entre más variables con mayor confianza.

Una mayor presencia de buzos no implica de forma proporcional un incremento en los impactos, lo que coincide con lo reportado por Santander (2009) en cuanto al efecto de la experiencia y el comportamiento de los buzos en los impactos.

La habilidad más importante de un buzo es sin duda la flotabilidad y también es la más difícil de lograr ya que requiere experiencia. Por ello es importante ubicar zonas de

baja fragilidad ambiental donde se puedan llevar a cabo los ejercicios y prácticas de habilidades de forma segura. Cada buzo principiante debe realizar un chequeo de flotabilidad pre-inmersión. Esta es una buena práctica general, aunque la experiencia permite a cada uno saber cuánto lastre necesita para unas condiciones de equipo, oleaje, mar de fondo y corrientes dadas.

En el caso del buceo libre, los visitantes realizan la actividad con chaleco pero generalmente se trata de gente sin experiencia en actividades acuáticas que suelen nadar verticalmente golpeando el fondo debido al cansancio. Las explicaciones, correcciones y experiencia de los guías influyen enormemente. Se ha observado algunos guías realizando correcciones y en la mayoría de los casos, los visitantes modificaban su actitud. Esto sin embargo no está debidamente cuantificado.

5.3.2. Análisis de impactos

El impacto más común registrado durante ambas actividades fue “tocando coral” que representó prácticamente la mitad de los impactos en buceo libre y autónomo. Este impacto puede entenderse como intencional si se realiza con la mano o accidental, si ocurre con las aletas u otra parte del equipo. En este estudio, las aletas fueron el principal elemento de contacto con el coral. Algunas modificaciones al equipo podrían ser de ayuda (aletas más cortas para la actividad de buceo libre), así como la instalación de boyas en el recorrido, que permitan a los buzos descansar. Esto son espacios que los guías pueden aprovechar para comentar lo que han visto, hacer correcciones, etc. Algunas ANP han incorporado senderos submarinos como herramienta para canalizar los impactos y concientizar al público.

El segundo impacto más común registrado fue “levantando sedimento”. Se trata de un impacto accidental o no intencionado, relacionado con la experiencia del buceador. Este impacto se podría disminuir mediante una sub-zonificación de las actividades conforme a la experiencia de los buzos, la fragilidad y características del entorno.

Algunos impactos no fueron registrados en al menos una temporada: “colecta de organismo”, “alimentando peces”, “acosando coral” y “rompiendo coral”. Esto parece indicar que existe una base de conciencia ambiental ya avanzada sobre la cual se puede seguir tejiendo una cultura de la conservación. Algunos de estos impactos exigen una conducta premeditada, por lo que resulta esperanzador observar que se avanza en ese aspecto. Esto se debe a esfuerzos de educación ambiental a nivel local y regional, así como una cultura de respeto creciente que viene demandada por los propios visitantes.

El origen y tipo de impacto determina si se trata de un daño intencional (por ejemplo, un guía tocando coral con la mano o un fotógrafo acosando organismos) o accidental (por ejemplo, un buzo que levanta sedimento con las aletas). El primer caso, guarda relación con el comportamiento y concientización ambiental del individuo (se puede por tanto reducir mediante acciones de educación ambiental y manejo de grupos). En el caso de un impacto accidental, suele estar relacionado con la experiencia del buzo y la dificultad del sitio, por lo que las acciones de manejo pasan por revisar las actividades y lugares permitidos. La pobre planeación del uso público y la alta intensidad de uso turístico se relacionan con la degradación de los sitios arrecifales (Jameson et al., 1999; Zakai & Chadwick-Furman, 2002).

En la mayoría de los estudios de impacto de buzos en sitios arrecifales, unos pocos buzos fueron responsables de la mayoría de los impactos sobre el arrecife, lo cual

concuenda con otros estudios que describen la falta de experiencia (control de la flotabilidad, habilidades acuáticas del visitante) (Harriot, Davis, & Banks, 1997), o la actividad de fotografía (PNAC / CONANP, 2013). Otro estudio encontró que los hombres buzos se comportaban de forma más destructiva que las mujeres (Rouphael & Inglis, 1997), pero esto no se evaluó en el presente estudio. La incidencia del comportamiento y falta de experiencia sí se observó en este estudio donde por ejemplo, en sitios como el Ojo de Agua (de acceso libre desde la playa) se registró un elevado número de impactos producido por una cantidad pequeña de personas (cuatro en temporada alta de verano), mientras que en Tanchacté Norte (acceso mediante embarcación contratando un tour con guía), se registraron más de 70 buzos en la misma temporada que causaron proporcionalmente menos impactos. En este caso, se trata de dos sitios profundos (más de 3 m), por lo que se puede descartar la profundidad como un factor. Es un buen ejemplo de la importancia de realizar un buen manejo del grupo y la incorporación de medidas como el chaleco de flotación (no requerido en el Ojo de agua por tratarse de actividades no lucrativas desde la playa).

Para inmersiones de iniciación o bautismos, se propone que se escojan lugares alejados del arrecife, con poca corriente fondo de arenal para hacer los ejercicios. Existen lugares que cumplen estas características al sur del parque, pero es necesario contar con boyas de amarre que faciliten el descenso con cabo ya que este elemento es obligatorio en los bautismos y en las dos primeras inmersiones del curso de iniciación de buceo autónomo (PADI, 2016).

Los resultados confirman lo reportado en otros estudios similares donde se observó que los impactos más comunes fueron realizados con las aletas tocando coral y levantando sedimento en Australia (Harriot, Davis, & Banks, 1997) y Egipto (Zakai & Chadwick-Furman, 2002), pero no para buzos en zonas arrecifales de gran turbulencia en Sudáfrica, que frecuentemente se agarraron al arrecife con la mano (Schleyer & Tomalin, 2000).

La temporada alta de invierno no ha resultado significativa en el análisis de impactos ya que no se registró actividad en buceo autónomo y sólo se lograron datos de la mitad de los sitios en buceo libre. Esto se debe a dos factores.

- Clima. Durante el invierno se registran vientos fuertes, oleaje y fuertes corrientes que usualmente provocan que la Capitanía de Puerto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) tome la decisión de cerrar el puerto a la navegación por cuestiones de seguridad marítima. Sin embargo, dada la existencia de la barrera de coral, a veces es posible realizar actividades al abrigo del arrecife. La SCT maneja en Puerto Morelos un código de banderas de tres colores: azul (navegación permitida), amarilla (permitida la navegación sólo en el interior de la laguna) y roja (puerto cerrado) (Tabla 20). Por las características del buceo libre, éste se realiza en áreas someras en el interior de la laguna arrecifal, por lo que se puede realizar más días al año que la actividad de buceo autónomo (con bandera azul y amarilla). Al realizar buceo con SCUBA, es necesario contar con sitios de más de cierta profundidad, por lo que las embarcaciones necesitan salir de la laguna; limitando sus actividades según la bandera. Los únicos dos sitios permitidos con bandera amarilla son los conocidos como J3 o Jardines y el Ojo de Agua, no estaban entre los sitios de monitoreo para buceo autónomo.

- La celebración de la CoP13 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (Secretaría del CDB, 2016), conllevó el cierre a la navegación de algunas áreas, por motivos de seguridad. Se emitió un Aviso por parte de la Capitanía de Puerto y el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos informando del cierre a la navegación de la porción norte del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, desde Tanchacté Norte hasta el sur de punta Nizuc (Anexo 6). La CoP13 se celebró del 2 al 17 de diciembre en el Hotel Moon Palace (Secretaría del CDB, 2016), situado en la zona norte del Parque Nacional frente a la unidad arrecifal (UA) de Limones. El aviso se hizo efectivo desde finales de noviembre hasta el 18 de diciembre. Por este motivo, los sitios no visitados antes del aviso, no pudieron ser monitoreados.

5.3.3. Tipo de fondo

Como se esperaba, el tipo de fondo dominante fue el arrecife en 2/3 de los registros, ya que es el atractivo principal del ANP. Además, los sitios se escogieron cuando fue posible, con base en el protocolo de monitoreo biológico (PROMOBI) del PNAPM. El tipo de fondo no parece guardar relación con la cantidad de impactos, lo que concuerda con otros estudios (Rouphael & Inglis, 1997; Zakai & Chadwick-Furman, 2002; Abidin & Mohamed, 2014).

5.3.4. Presencia de *Acropora*

Tanto *Acopora cervicornis* como *Acropora palmata* se incluyen en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) como especies sujetas a protección especial, por lo que

las acciones de conservación especialmente en áreas marinas protegidas, deben poner especial atención a la presencia y salud de estas especies. Adicionalmente, la unidad arrecifal Limones, al norte del PNAPM, alberga una de las comunidades de coral cuerno de alce (*Acropora palmata*) en mejor estado de conservación del SAM (Rodríguez-Martínez et al., 2014). Este sitio fue cerrado al uso público por decisión del Consejo Asesor del PNAPM en 2013 (PNAPM, sin publicar). La UA Limones no se encuentra entre los lugares monitoreados, pero tal y como se ha establecido anteriormente, Mariño-Tapia et al. (2010) señalaron un fuerte flujo de corrientes internas en la laguna de Puerto Morelos, lo cual se traduce en circulación lagunar de nutrientes y larvas. El flujo de larvas puede verse afectada por el deterioro de la salud de los arrecifes en áreas con mayor visitación.

En cuanto a las especies de acropóridos observadas, dada la profundidad a la que se realiza la actividad, no es de extrañar que domine *Acropora cervicornis*, excepto en La Bocana donde todos los registros correspondieron a *A. palmata*. Este es el sitio más somero de los evaluados en este estudio. En ambas actividades se registraron contactos con estas especies. Lo cual concuerda con los intervalos de profundidad característicos de ambas especies (Humann & DeLoach, 2014; IUCN, 2017).

5.3.5. Profundidad

Para intentar comprender la relación de la profundidad con el número y tipo de impactos, tomamos como ejemplo Tanchacté Norte y Tanchacté Sur ya que estos sitios permiten aislar el factor del manejo de grupos que realizan los guías. La mayoría de observaciones fueron de un mismo operador (Alltournative), por lo que se puede suponer que el esfuerzo de los guías en el manejo del grupo es similar. El primero es uno de los

sitios más profundos de los monitoreados (3,35 m) y el segundo, el más somero (1,60 m). En la Tabla 18 se observa que en TAV, en Tanchacté Sur se registraron 56 impactos en 30 minutos (1,86 impactos/minuto), mientras que en Tanchacaté Norte se registraron 7 impactos durante el período de observación (0,23 impactos/minuto). En TB, la cantidad de impactos es similar en ambos lugares, pero esto fue debido a un grupo en particular que intentó realizar apneas en Tanchacté Norte (a pesar del chaleco de flotación).

5.4. Encuestas y visitas de verificación

El establecimiento y manejo de áreas marinas protegidas (AMP) son procesos intrínsecamente sociales, es decir, son un producto de decisiones humanas; su objetivo final es modificar actividades humanas y su éxito depende del comportamiento humano. Por lo tanto, la inclusión de actores relevantes (comunidad, academia, organizaciones de la sociedad civil, etc.) en las estrategias de manejo es crucial para el éxito de planes de manejo y conservación dentro (y fuera) de las AMPs (Johannes, 2002).

Las entrevistas a los usuarios del PN demostraron una variedad de problemas asociados a la confrontación de intereses y a la aparente falta de comunicación entre el PN y la comunidad/usuarios. Se ha demostrado en diversos estudios que la participación de la comunidad en la toma de decisiones es crucial para la aceptación de regulaciones y un mejor manejo (revisión en Gruney, 2015), por lo que los temas o preocupaciones más mencionadas en las entrevistas se transforman en sugerencias al PNAPM en la sección de 'Recomendaciones'.

Las entrevistas revelaron que los sitios más visitados en el buceo autónomo por los operadores de turismo no corresponden con los sitios escogidos en el monitoreo,

afectando al volumen de registros logrados. Es posible que la baja observación de visitantes durante los monitoreos de impacto del buceo autónomo se deba a que los sitios monitoreados no sean los más visitados por las personas que practican buceo autónomo en el PN. Esto se verificó posteriormente con las entrevistas; según las cuales, el sitio más visitado fue el Barco hundido “C56 Juan Escutia”, seguido de “Fish Market” y La Pared. Para buceo libre, uno de los sitios reportados como más visitados no estaba incluido en los sitios de monitoreo de este estudio (Jardines).

Un resultado adicional a los esperados en este estudio, fue corroborar, a través de las encuestas, que la toponimia de los sitios de buceo es repetitiva y no existe consenso en los nombres que se dan. Se encontró un sitio “Jardines” para buceo libre frente al muelle de pescadores y un sitio “Jardines” o “J3” para buceo autónomo, ubicado más al sur. Dentro del buceo autónomo, llegan a existir hasta tres nombres distintos para un mismo punto. Además existen muchas reservas a la hora de compartir las coordenadas y ubicación de los sitios. Esto seguramente se deba a que se trata de una actividad en crecimiento y cambio. Los puntos no se suelen compartir por miedo a que “se los quiten” y “para que no se llenen de gente”. Esta afirmación refleja también cierta voluntad de seguir manteniendo un perfil bajo en cuanto al número de buzos con equipo autónomo.

La mayoría de las características enlistadas por los operadores de turismo coincidieron con las encontradas durante las visitas de verificación (efectuadas por el equipo de monitoreo) excepto la lista de megafauna encontrada. La lista de megafauna presente en los sitios descrita durante las visitas de verificación tiene una mayor cantidad de especies. Esto sugiere que algunos usuarios del PN no conocen o no les

interesa tener en cuenta la megafauna que se encuentra en los sitios de buceo autónomo y libre. Dada la importancia de las especies grandes y megafauna para el arrecife, la importancia de la megafauna como atractivo turístico y el conocimiento de la importancia de megafauna en el ecosistema (Ballantyne, 2009; Cisneros-Montemayor, 2013 y O'Malley, 2013) se corrobora la necesidad de más y mejor entrenamiento para los usuarios.

6. CONCLUSIONES

- La variedad de impactos no guardó relación aparente con las temporadas.
- Generalmente, los guías produjeron menor número de impactos que los turistas, aunque este factor es específico de cada instructor, existiendo casos en los que el guía realizó el mayor número de impactos.
- No se observó a guías de buceo autónomo actuar en caso de que sus buzos estuvieran produciendo algún impacto. De acuerdo con Barker & Roberts (2004), la intervención de un guía refuerza la información dada en el *briefing* ya que ésta por sí sola no es suficiente (los guías son los modelos de conducta). Sí se observó este comportamiento en algunos guías de buceo libre, pero no en la mayoría.
- El impacto más común para ambas actividades fue “tocando coral con aletas por parte de los buzos (clientes)”. Suele ser el resultado de buzos con poca experiencia que golpean contra el arrecife (buceo autónomo) y buzos cansados que se ponen en posición vertical durante la natación en buceo libre. Con un uso más ordenado de los sitios de buceo, debería ser posible disminuir este impacto.
- El segundo impacto más común fue “levantando sedimento”, también con las aletas y por parte de turistas, aunque un tercio se debió a los guías. Este impacto es generalmente accidental. Para el buceo autónomo, suele tratarse de una suspensión de sedimento por el aleteo causado por una mala flotabilidad (falta de experiencia). Para el buceo libre, coincide la mayor incidencia de impacto con los sitios más someros.
- Es importante tener en cuenta la presencia de *Acropora* spp. Para determinar la fragilidad de sitios al impacto de los buzos.
- Las entrevistas pueden ser una herramienta útil para conocer la opinión de usuarios.

- Se registró mayor cantidad de impactos con más visitantes para ambas actividades, aunque la relación no fue proporcional.
- La profundidad fue un factor importante en relación al número de impactos para la actividad de buceo libre. En sitios más someros, la cantidad y diversidad de impactos fueron mayores.
- La profundidad y conducta de los buzos fueron factores importantes en relación al número de impactos para la actividad de buceo libre.
- Los sitios más visitados en buceo autónomo, según las encuestas realizadas, difieren de los lugares evaluados. Estos sitios incluyen arrecifes artificiales y sitios fuera de la poligonal del ANP. Cuentan con importantes atractivos como observación de rayas o grandes cardúmenes.
- No todos los sitios más frecuentados se incluyen en los monitoreos biológicos del PNAPM, por lo que existe un vacío de información sobre el estado de salud de estos sitios tan frecuentados.

7. RECOMENDACIONES

Para minimizar el impacto del turismo y asegurar la sostenibilidad de dicho sector y de los recursos costeros, es crucial que el turismo sea planeado, desarrollado y operado dentro de un contexto de principios de sostenibilidad y con una participación social considerable (Abidin and Mohamed, 2014). De acuerdo a la revisión de la literatura, hay un conjunto de factores que se combinan para causar impactos en el arrecife relacionados con buceo autónomo y libre; de los cuales se sugieren (Abidin and Mohamed, 2014):

- Limitar el número de visitas a sitios de buceo.
- Educar en actividades y prácticas con bajo impacto.
- Implementar reglas del parque.
- Minimizar el impacto de los buzos por medio de cursos o plática previas al buceo.

7.1. Recomendaciones metodológicas

- Determinar un período de espera en cada sitio de monitoreo para asegurar un esfuerzo de monitoreo constante.
- Incluir los sitios más visitados según las encuestas realizadas en futuros monitoreos de impacto: el barco hundido “C56 Juan Escutia” y “Fish Market” para buceo autónomo.
 - En el caso del barco hundido, “C56 Juan Escutia”, aunque no se trata de un arrecife natural resulta interesante conocer la interacción de los buzos con las comunidades frágiles que se asientan sobre este arrecife artificial y la

fauna en general ya que permite realizar un seguimiento más completo de las actividades y conocer mejor la intensidad de uso e impacto en este sitio. Este pecio se hundió intencionalmente con el fin de crear un arrecife artificial que descargara presión de uso a los arrecifes naturales del PN.

- El sitio conocido como “Fish Market” fue verificado aunque se encuentra fuera de la poligonal del ANP debida su proximidad (a menos de 500 metros del límite sur) e importancia para el turismo. Se trata de un sitio altamente visitado y dada su proximidad al límite de la poligonal, resultaría interesante incluirlo en el monitoreo.
- Se sugiere incluir el sitio conocido como “Ojo de Agua” en la lista de los lugares de monitoreo de buceo autónomo ya que se han observado buzos asiduamente y es uno de los pocos sitios que se permiten usar aún cuando el puerto está cerrado a la navegación interior. Estudios anteriores en el ANP ya indican la vocación de uso de este sitio para buceo autónomo (OCEANUS, 2014).
 - El sitio “Ojo de agua” (no la subunidad arrecifal de mismo nombre, si no el área ubicada en el Programa de Manejo como zona II de uso educativo e interpretación ambiental) es usado para el buceo autónomo tanto diurno como nocturno ya que se alcanzan profundidades de hasta 6,5 m y no es necesario utilizar embarcación.
- Registrar el número de fragmentos de corales ramificados encontrados en los recorridos de buceo.

- Capacitar a los guías e instructores para que participen en las campañas de monitoreo y ellos mismos observen los impactos que otros generen, fomentando así la concientización ambiental.
- Incorporar una evaluación del *briefing* que dan los guías a los visitantes, antes y después del curso de capacitación oficial. La evaluación puede reunir indicadores de calidad de la información que reciben los visitantes antes de iniciar las actividades.

7.2. Recomendaciones de manejo

- Revisar la regulación en cuanto a los sitios de buceo libre y autónomo considerando que algunos sitios como Tanchaté Norte, Tanchacté Sur, Radio Pirata y La Bocana están siendo utilizados intensamente.
 - Durante el monitoreo se observó un evento de blanqueamiento en la temporada baja, especialmente agudo en Tanchacté Norte y Sur. No se cuantificó la extensión del impacto. Se sugiere implementar un “observatorio” de estos eventos a través de ciencia ciudadana, acompañado de medidas de manejo que vayan encaminadas a reducir la presencia de buzos en estos eventos para disminuir los impactos en periodos de estrés ambiental. Estas medidas de manejo pueden incluir limitar el número de salidas por embarcación ya que esta medida es más sencilla de controlar (mediante avisos por radio) que por ejemplo, el número de buzos por lancha (los operadores buscan llenar sus lanchas para maximizar sus beneficios y reducir costos)

- Debido a la presencia de grandes parches de *Acropora cervicornis* en Tanchacté (sitio de buceo autónomo), se sugiere que éste sitio sea incluido en el Programa de Monitoreo Biológico a fin de contar con datos que permitan describir el estado de salud de estas formaciones y monitorear su evolución.
- Redactar un Programa de Uso Público del PNAPM que incluya una subzonificación específica para estas actividades y evaluar junto con usuarios las opciones alternativas a la zonación de los permisos, al menos durante la temporada alta cuando se aglomeran algunos sitios. Algunas sugerencias son:
 - Diferenciar los sitios más favorables para actividades de buceo autónomo según dos niveles: iniciación y avanzado.
 - Los sitios de iniciación deberán incluir arenales o áreas donde poder realizar la práctica de las habilidades de buceo sin riesgo para la vida marina. Además deberán ser lugares con menos de 12 m y ubicados mediante un sistema de boyado adecuado ya que para el desarrollo de estas actividades (Discover Scuba Diver y Open Water Diver, principalmente) se requiere un cabo de descenso para poder ser realizadas de manera segura, como parte de los estándares exigidos por PADI.
 - Instalar boyas de descanso en los recorridos de buceo libre (especialmente en Radio Pirata, Tanchacté Norte y Tanchaté Sur) para permitir que los visitantes descansen y evitar que levanten sedimento y golpeen coral con las aletas. Estas son ocasiones también para corregir aspectos del equipo, comportamientos y apoyar para mejorar las destrezas de los buzos.

- Desarrollar un código de conducta claro (presentado de forma sencilla, como un folleto) para buceo libre y autónomo, resultado de una actitud de respeto, protección y compromiso con el medio marino.
- Socializar dicho código de conducta a todos los niveles entre operadores turísticos, guías y comunidad local; así como promover que se haga referencia a dicho código en los briefings que imparten los guías (comunicar la existencia del código de conducta a los clientes así como realizar las actividades con apego al mismo).
- Establecer un programa de monitoreo de impactos de los visitantes para generar un universo muestral tal que permita obtener datos significativos para todas las temporadas y sitios.
 - Los resultados de este estudio pueden servir de línea base para contribuir a establecer tendencias de uso y comportamiento de los visitantes del PNAPM.
- Realizar un control y manejo del grupo más estricto, especialmente en los sitios más visitados.
 - Reducir la proporción de buzos por guía en Tanchacté Norte, Tanchacté Sur, Radio Pirata y La Bocana. Puede establecerse una proporción de uso en función de las condiciones del mar que son determinadas por la Capitanía de Puerto (SCT) mediante el uso de banderas (azul, amarill, roja). En los casos de puerto abierto con bandera azul se sugiere la proporción actual de ocho visitantes por guía y con bandera amarilla, se sugiere un ratio de seis a uno. Los usuarios están obligados a conocer esta información diariamente,

transmitida por radio, por lo que la comunicación y conocimiento de las condiciones por su parte están aseguradas.

- Difundir los resultados de este estudio entre la comunidad de prestadores de servicio, particularmente durante los cursos de capacitación de guías conductores del PNAPM, diferenciando información dirigida a buceo autónomo y buceo libre.
 - Incluir una sección sobre métodos no invasivos para mostrar atractivos turísticos.
 - Incluir a “permisionarios” (personas físicas y morales que tienen permiso o autorización para realizar actividades turístico-recreativas en el ANP) en al menos una sección de estos cursos, con el fin de que también ellos vean la importancia y den valor al hecho de contratar guías que han tomado esta capacitación.
 - Es necesario contar con guías de calidad que realicen actividades de forma segura y amena, con el menor impacto posible. Se sugiere incluir medidas sancionadoras en el Programa de Manejo, dirigidas a los guías.
 - Además, se sugiere proporcionar capacitación a los “permisionarios” sobre calidad en la operación para elevar su estándar de trabajo.
- Incorporar elementos sancionadores hacia los guías que incumplan las reglas del PNAPM.
- Incluir la credencial oficial de los guías como parte de los requisitos de las autorizaciones o permisos para actividades turístico-recreativas que el otorgamiento de los permisos.

- Facilitar que los permisionarios y dueños de embarcaciones ofrezcan el tiempo y apoyo económico a los guías y marineros para que se capaciten.

REFERENCIAS

- Abidin, S., & Mohamed, B. (2014). A Review of SCUBA Diving Impacts and Implication for Coral Reefs Conservation and Tourism Management. *SHS Web of Conferences* , 12 (8).
- Allison, W. (1996). Snorkeler damage to reef corals in the Maldive Islands. *Coral Reefs* , 15, 215-218.
- Almada-Villela, P., Sale, P., Gold-Bouchot, G., & Kjerfve, B. (2003). *Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM*. Belize: Unidad Coordinadora del Proyecto.
- Burke, L., & Maidens, J. (2005). Arrecifes en peligro en el Caribe. *World Resources Institute* .
- Burke, L., Bryant, D., McManus, J., & Spalding, M. (1998). *Reefs at risk: A map based indicator of threats to the world's coral reefs*. Washington DC: World Resources Institute.
- Ballantyne, R. J. (2009). Tourists' support for conservation messages and sustainable management practices in wildlife tourism experiences. 30, 658-664.
- Barker, N., & Roberts, C. (2004). Scuba divers behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation* , 120 (4), 481-489.
- Cisneros-Montemayor, A. M.-M.-A.-H. (2013). Global economic value of shark ecotourism: implications for conservation. *Oryx* , *FirstView*, 1-8.
- CONABIO. (19 de 12 de 2008). *Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad*. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de Regiones marinas prioritarias de México:
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html>
- CONCANACO / SERVYTUR. (2016). *Boletín Turismo*. DF: Confederación de Cámaras Nacionales de Comercio, Servicios y Turismo.
- Duarte, C., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., y otros. (2006). *Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- DOF. (1998). *DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de parque nacional, la región denominada Arrecife de Puerto Morelos, en el Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 9,066-63-11 hectáreas*. México: SEMARNAT.
- DOF. (2010). *Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010 de Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. México: SEMARNAT.
- García, M., & Nava, G. (2006). *Técnicas de restauración y monitoreo en arrecifes coralinos. Manual de referencia*. Veracruz: PNSAV / CONANP.
- García-Salgado, M., Camarena, L., Gold, B., Vasquez, M., Galland, G., Nava, G., y otros. (2006). *Línea base del estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Proyecto para la Conservación y uso sostenible del sistema Arrecifal Mesoamericano. Programa de Monitoreo Sinóptico*. Belice: SAM / MBRS.
- Garrod, B., & Gössling, S. (2008). *New Frontiers in Marine Tourism: Diving experiences, sustainability, management*. Amsterdam: Elsevier.
- Gruney, G. G. (2015). Understanding and integrating socioeconomic factors into the design and management of marine protected areas. *James Cook University* .
- IUCN. (08 de 01 de 2017). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Obtenido de Version 2016-3: www.iucnredlist.org
- INE. (2000). *Programa de Manejo del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- INEGI. (2016). *Cuéntame INEGI*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/>
- INEGI. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=230050004>
- Humann, P., & DeLoach, N. (2014). *Reef Coral Identification: Florida, Caribbean, Bahamas*.
- Hawkins, J., & Roberts, C. (1992). Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation* , 62 (3), 171-178.

- Harriot, V., Davis, D., & Banks, S. (1997). Recreational diving and its impact in marine protected areas in Eastern Australia. *Ambio* , 26 (3), 173-179.
- Jackson, J.-C., Donovan, M., Cramer, K., & Lam, V. (2014). *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012*. Gland: Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN.
- Jameson, S., Ammar, M., Saadalla, E., Mostafa, H., & Riegl, B. (1999). A coral damage index and its application to diving sites in the Egyptian Red Sea. *Coral Reefs. Coral Reefs* , 18, 333–339.
- Johannes, R. E. (2002). The renaissance of community-based marine resource management in Oceania. *Annual Review of Ecology and Systematics* , 33, 317-340.
- Kline, J. (2001). *Tourism and Natural Resource Management: A General Overview of Research and Issues* (Vols. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-506). Portland: United States Department of Agriculture.
- Kramer , P., Kramer, P., & (ed. M. McField). (2002). *Ecoregional Conservation Planning for the Mesoamerican Caribbean Reef*. Washington, D.C.: World Wildlife Fund.
- Lindeberg, K., & McCool, S. (1998). A critique of environmental carrying capacity as a means of managing the effects of tourism development. *Environmental Conservation* , 25, 291-292.
- Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Río de Janeiro, Brasil: Naciones Unidas.
- Maldonado Cuevas, M. A. (2006). *Evaluación de la condición de las comunidades coralinas que se desarrollan en sitios de visita, destinados al uso turístico semi-intensivo, dentro de las Unidades Arrecifales del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos*. Puerto Morelos: CONANP.
- Mariño-Tapia, I., Silva-Casarín, R., Enríquez-Ortiz, C., Mendoza-Baldwin, E., Escalante-Mancera, E., & Ruiz-Rentería, F. (2010). Wave transformation and wave-driven circulation on natural reefs under extreme hurricane conditions. *Coastal Engineering* , 32 (28), 1-9.
- McCauley, D., Pinsky, M., Palumbi, S., Estes, J., Joyce, F., & Warner, R. (2015). Marine defaunation: animal loss in the global ocean. *Science* (347:1255641).

- McField, M., & Kramer, P. (2007). *Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region*. (W. c. McPherson, Ed.) Miami: The Smithsonian Institution.
- McField, M., & Thompson, A. (2009). Evaluating visitor impacts on reef health. Millenium Ecosystem Assesment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington DC: World Resources Institute.
- PADI. (2016). *Worldwide Corporate Statistics 2016 (data for 2010-2015)*.
- PNAC / CONANP. (2013). *Impacto de los visitantes en el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, derivado de actividades turísticas: buceo y snorkel. Línea base 2009-2013*. Cozumel: CONANP.
- O'Malley, M. P.-B. (2013). The global economic impact of manta ray watching tourism. *PLoS ONE*, 8, e65051.
- OCEANUS. (2014). *Estudio de Límite de Cambio Aceptable, para regular las actividades turístico recreativas que se desarrollan dentro de Áreas Naturales Protegidas competencia de la Federación*. Cancún: CONANP.
- RAMSAR. (02 de 02 de 2004). *Ramsar Sites Information Service*. Recuperado el 11 de 12 de 2016, de <https://rsis.ramsar.org/ris/1343>
- Rapport, D., Gaudet, C., Karr, J., Baron, J., Bohlen, C., Jackson, W., y otros. (1998). Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process. *Journal of Environmental Management*, 53, 1–15.
- Reyes, H., Cupul, A., Loreto, R., Álvarez del Castillo, P., Vázquez, L., Torrejón, N., y otros. (2008). *Evaluación de la capacidad de carga para buceo en áreas naturales protegidas del mar Caribe y el golfo de California, México*. México.
- Rouphael, A., & Inglis, G. (1997). Impacts of recreational SCUBA diving at sites with different reef topographies. *Biological Conservation*, 82, 329–336.
- Rodríguez-Martínez, R., Banaszak, A., McField, M., Beltrán-Torres, A., & Álvarez-Filip, L. (2014). Assessment of *Acropora palmata* in the Mesoamerican Reef System. *PlosOne*, 9 (4), 7.
- Rodrigues, L., Van Den Bergh, J., Loureiro, M., Nunes, P., & Rossi, S. (2016). The Cost of Mediterranean Sea Warming and Acidification: A Choice Experiment Among

- Scuba Divers at Medes Islands, Spain. *Environ Resource Econ* , 63 (289), doi:10.1007/s10640-015-9935-8.
- Rogers, C., & Beets, J. (2001). Degradation of marine ecosystems and decline of fishery resources in marine protected areas in the US Virgin Islands. *Environmental Conservation* , 28 (4), 312-322.
- Sala, E., & Knowlton, N. (2006). Global marine biodiversity trends. *Annual Review of Environment and Resources* , 31, 93-122.
- Santander Botello, L., & Propin Frejomil, E. (2009). Impacto ambiental del turismo de buceo en arrecifes de coral. *Cuadernos de Turismo* (24), 207-227.
- Santander, L. (2009). *Impacto ambiental del turismo de buceo en los arrecifes coralinos de Cozumel, México*. Cozumel: UNAM. Facultad de filosofía y letras. Posgrado en Geografía.
- Schleyer, M., & Tomalin, B. (2000). Damage on South African coral reefs and an assesment of their sustainable diving capacity using a fisheries approach. *Bulletin of Marine Science* , 67, 1025–1042.
- Secretaría del CDB. (02 de 01 de 2016). *CoPI3*. Recuperado el 12 de 12 de 2016, de Conferencia de las Partes: <http://cop13.mx/cop-13/>
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi*. Quebec, Canadá: CDB/PNUMA.
- SECTUR. (2014). *Subsecretaría de Planeación y Política Turística, Dirección General de Integración de Información Sectorial*. México DF.
- SEDETUR. (31 de 12 de 2016). *Indicadores Turísticos*. Recuperado el 02 de 01 de 2017, de Secretaría de Turismo de Quintana Roo: <http://sedetur.qroo.gob.mx/estadisticas/indicadores/indicadores-turisticos-2015.pdf>
- SEMARNAT. (2012). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. México: SEMARNAT.
- Sheppard, C., Davy, S., & Pilling, G. (2009). *The biology of coral reefs*. Oxford: Oxford University Press.
- Spalding, M., Ravilious, C., & Green, E. (2001). *World atlas of coral reefs*,. Berkeley: University of California Press.

- UNWTO. (2016). *Panorama OMT del turismo internacional*. Madrid: Organización Mundial del Turismo.
- UNWTO. (2001). *Tourism 2020 Vision. Vol 7. Global forecast and profiles of market segments*. Madrid: World Tourism Organization.
- UNWTO. (2011). *Tourism Towards 2030 / Global Overview*. Madrid: World Tourism Organization.
- Zakai, D., & Chadwick-Furman, N. (2002). Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation* (105), 179-187.

ANEXO 1. FORMATO DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS

EVALUACIÓN DE BUZOS													
Localidad:							Dir e int de corriente:						
Sitio:							Embarcación:						
Fecha:							# guías:						
Hora:							# buzos:						
Colector:													
Actividades												Fondo	
T (min)	nadando para arena	levantando sedimento para coral	tocando coral	rompiendo coral	colecta de organismo manipulando o organismos	tocando organismos o organismos	alimentando o peces	AP	AC	arenal	arrecife		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													

Clave: mano (m), pierna (p), aleta (a), otro (o), tanque (t), al tomar fotografía (f) guía (g)

ANEXO 2. FORMATO PARA VISITA DE VERIFICACIÓN

FECHA		HORA:	
SITIO: ID Y NOMBRE			
OBSERVADOR			
COORDENADAS	X	Y	
CONDICIONES DE CAMPO			
CORRIENTE			
OLEAJE			
VISIBILIDAD			
PROFUNDIDAD	MAX:	MIN:	
TIPO DE ARRECIFE			
TIEMPO Y DIRECCIÓN DEL RECORRIDO			
DESCRIPCIÓN DEL SITIO			
ESPECIES CLAVE (INDICAR ESPECIE OBSERVADA O MARCAR CON UNA X)			
ACROPORA	<i>A.cervicornis</i>	<i>A.palmata</i>	
TORTUGAS MARINAS			
ELASMOBRANQUIOS			
OTRA MEGAFUNA			
PASTOS MARINOS	<i>Thalassia testudinum</i>	<i>Halodule wrightii</i>	<i>Syringodium filiforme</i>

ANEXO 3. FORMATO PARA TOMA DE DATOS GENERALES DEL GRUPO

FECHA:			HORA:			NOMBRE DEL SITIO:		
MONITOREO No:			TEMPORADA	ALTA	BAJA	COORDENADAS:		
ACTIVIDAD	BUCEO LIBRE	BUCEO AUTÓNOMO	TOTAL DE BUZOS:			NÚMERO DE GUÍAS:	PAX POR GUÍA:	
NOMBRE DE LA EMBARCACIÓN:								
MATRÍCULA:								
NOMBRE DE OPERACIÓN DE BUCEO (TIENDA):								
ÚBICACIÓN DE LA OPERACIÓN:								
USO DEL BOYADO: EMBARCACIÓN HACE USO DEL BOYADO AL LLEGAR AMARRANDOSE A LA BOYA?						SÍ	NO	
COMENTARIOS:								

ANEXO 4. FORMATO ENCUESTAS

‘Mapeo y evaluación de sitios de buceo en el parque.’

1. Datos del centro
 - a. Empresa:
 - b. ¿Cuántos empleados tienen?
 - c. ¿Cuántos de esos son guías?
 - d. ¿Cuántos de esos son fotógrafos?
 - e. ¿Dónde es su base operación?
 - f. ¿Cuántas salidas al día?
 - g. ¿Con qué embarcación sale?
 - i. Nombre, número de permiso, número de matrícula
 - h. Cuantos clientes en temporada alta
 - i. Cuantos clientes en temporada baja
2. Cinco sitios de buceo más visitados (coordenadas)
3. Características de cada sitio (profundidad, fondo, corrientes, spp protegidas de corales, y otros atractivos relevantes)
4. Nivel general de sus buzos
5. ¿Cuántas salidas son de curso?
6. ¿Cuántas salidas son de turismo?
7. Tamaño de grupos de buceo por guía
8. ¿Cuántos empleados tienen credencia el PN
 - a. ¿Permisos enseñados?
9. ¿Cuántos empleados tienen certificados de Primeros auxilios
 - a. ¿Permisos enseñados?
10. ¿Cuántos empleados tienen libreta de mar
 - a. Número de libreta
11. Algunos de sus empleados es instructor o instructor de instructores
 - a. ¿De qué agencia?
12. ¿Con qué centros de buceo trabajan y de dónde son?

ANEXO 5. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

Semana número:	Agosto				Septiembre					Octubre	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Actividad	1 al 5	8 al 12	15 al 19	22 al 27	29 al 2	5 al 9	12 al 16	19 al 23	26 al 30	3 al 7	10 al 15
Temporada alta de verano											
Encuestas tiendas de buceo											
Reporte de avances											
Entrega Reporte de avances											
Temporada baja											
Procesar mapas y encuestas											

Semana número:	Octubre		Noviembre					Diciembre			
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Actividad	17 al 21	24 al 28	31 al 4	7 al 11	14 al 18	21 al 25	28 al 2	5 al 9	12 al 16	19 al 23	26 al 30
Análisis estadísticos											
Encuestas y visita de verificación											
Temporada alta de invierno											
Análisis estadísticos											
Análisis de resultados											
Redacción entrega final											09-ene

ANEXO 6. AVISO DE RESTRICCIÓN A LA NAVEGACIÓN CON MOTIVO DE LA CoP 13 DEL CDB.

----- Mensaje reenviado -----

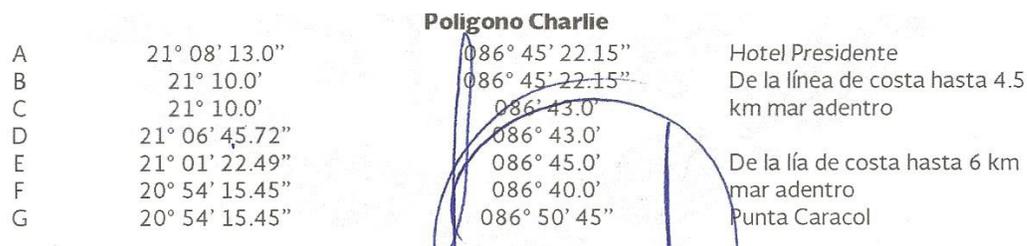
De: **Capitania Puerto Morelos** <capitaniapuertomorelos@gmail.com>

Fecha: 28 de noviembre de 2016, 15:41

Asunto: Restricción a la navegacion

Buenas tardes.

El motivo de este correo es para informales a todos ustedes, que se encuentra restringido a la navegación el polígono "Charlie"; que comprende dentro de la Jurisdicción de Puerto Morelos desde Bahía Petepich hasta Punta Nizuc, a partir del día 27 de Noviembre de 2016 y con termino de la misma el día 18 de Diciembre del año en curso.



Por lo tanto se les invita que acaten las recomendaciones que esta autoridad marítima les proporciona, y para poder realizar sus actividades es a partir del limite sur de bahía Petempich hasta la mitad del Hotel Grand Velas.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarles un cordial saludo.

Ing. Jaime Manuel Campos Zuñiga
Supervisor de Operación de Embarcaciones
Tel. 8710212 Cel. 9981456990
Puerto Morelos.

ANEXO 7. PRIMERA PÁGINA DEL PERMISO DE LA EMBARCACIÓN "TAMARA" USADA EN EL MONITOREO

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

"2014, Año de Octavio Paz".



CONANP
COMISIÓN NACIONAL
DE ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS

DIRECCIÓN REGIONAL PENÍNSULA DE YUCATÁN Y CARIBE MEXICANO
Quintana Roo, Yucatán y Campeche

OFICIO No. F00.9.DRPYyCM.P.-0121/2014

ASUNTO: Prórroga.
Cancún, Benito Juárez, Quintana Roo, a 13 de junio de 2014.

C. JOAQUÍN ADAME SUTTER
P R E S E N T E :

Hago referencia a su escrito recibido el día 11 de Abril de 2014, en las oficinas que ocupa la Dirección del Parque Nacional "Arrecife de Puerto Morelos", por medio del cual, solicita a esta Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, prórroga de la autorización otorgada mediante oficio número F00.9.DRPYyCM.A.-0182/2013, de fecha 04 de junio de 2013, para la prestación de servicios turísticos en la modalidad de actividades turístico recreativas con vehículo acuático consistentes en: **Buceo libre, buceo autónomo, vistas guiadas incluyendo el aprovechamiento no extractivo de vida silvestre y recorridos turísticos**, operando la embarcación denominada "TAMARA", con matrícula número 2303096314-9, dentro de los límites del citado Parque Nacional, y:

C O N S I D E R A N D O

I.- Que mediante oficio número F00.9.DRPYyCM.A.-0182/2013, de fecha 04 de junio de 2013 ésta Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas otorgó a el C. Joaquín Adame Sutter la autorización para la prestación de servicios turísticos en la modalidad de actividades turístico recreativas con vehículo acuático consistente en: **Buceo libre, buceo autónomo, vistas guiadas incluyendo el aprovechamiento no extractivo de vida silvestre y recorridos turísticos**, operando la embarcación denominada "TAMARA" dentro de los límites del Parque Nacional "Arrecife de Puerto Morelos", con vigencia de 1 año, comprendiendo el periodo del 1 de julio de 2013 al 30 de junio de 2014.

II.- Que el C. Joaquín Adame Sutter, presentó dentro del periodo establecido, solicitud correspondiente para obtener la prórroga de la autorización otorgada mediante oficio número F00.9.DRPYyCM.A.-0182/2013, de fecha 04 de junio de 2013 para la prestación de servicios turísticos en la modalidad de actividades turístico recreativas con vehículo acuático consistentes en: **Buceo libre, buceo autónomo, vistas guiadas incluyendo el aprovechamiento no extractivo de vida silvestre y recorridos turísticos**, operando la embarcación denominada "TAMARA" dentro de los límites del Parque Nacional "Arrecife de Puerto Morelos", conforme lo dispone la Regla Administrativa 15 del Programa de Manejo de la citada Área Natural Protegida, así como los requisitos establecidos en el Trámite CNANP-00-015 "Prórroga de autorización para realizar actividades turístico recreativas dentro de Áreas Naturales Protegidas".

III.- Con fundamento en el artículo 19 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo se tiene por acreditada la personalidad de el solicitante.

IV.- Que una vez revisadas las documentales que integran el presente expediente abierto con motivo de la autorización señalada en el considerando I del presente oficio, se determinó que el C. Joaquín Adame Sutter cumplió con las obligaciones establecida en la autorización de referencia.

V.- Que el C. Joaquín Adame Sutter, en cumplimiento a lo dispuesto por el último párrafo del artículo 100 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, presento en tiempo y forma el informe final de actividades correspondiente en el formato denominado "Informe Final de Actividades por la Prestación de Servicios Turísticos", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de marzo de 2011.

Por lo antes expuesto, y toda vez que ésta Dirección Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano, como unidad administrativa dependiente de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es competente por materia y territorio

Página 1 de 3



FRGL/FAO/vgg

Calle Venado No. 71, Relomo 8, Supermanzana 20, Manzana 18, Código Postal 77500,
Tels: (998) 8 87 19 97 y 8 92 14 13 www.conanp.gob.mx, regionnorddevuc@conanp.gob.mx