



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

---



# CAPACIDAD DE CARGA DE BUCEO DEL PARQUE NACIONAL CABO PULMO

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

PATRICIA ALEXANDRA ÁLVAREZ DEL CASTILLO CÁRDENAS

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2012.



SIP-14 BIS

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 14 del mes de Noviembre del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"CAPACIDAD DE CARGA DE BUCEO DEL PARQUE NACIONAL CABO PULMO"

Presentada por el alumno:

ÁLVAREZ DEL CASTILLO  
Apellido paterno

CÁRDENAS  
materno

PATRICIA ALEXANDRA  
nombre(s)

Con registro: 

A	1	1	0	4	9	1
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Directores de Tesis

**DRA. MARÍA DINORAH HERRERO PEREZRUL**  
Directora de Tesis

**DR. AMÍLCAR LEVÍ CUPUL MAGAÑA**  
2º. Director de Tesis

**DR. DAVID ALFARO SIQUEIROS BELTRONES**

**MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO**

**DR. GERMÁN PONCE DÍAZ**

**PRÉSIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**  
  
**DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ**





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 22 del mes Noviembre del año 2012  
el (la) que suscribe BM. PATRICIA ALEXANDRA ÁLVAREZ DEL CASTILLO CÁRDENAS alumno(a) del  
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS  
con número de registro A110491 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:  
DRA. MARÍA DINORAH HERRERO PERZRUL y DR. AMÍLCAR LEVÍ CUPUL MAGAÑA  
y cede los derechos del trabajo titulado:  
"CAPACIDAD DE CARGA DE BUCEO DEL PARQUE NACIONAL CABO PULMO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: strellada@gmail.com - dherrero@ipn.mx - cupul@yahoo.com.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BM. PATRICIA ALEXANDRA ÁLVAREZ DEL CASTILLO CÁRDENAS  
nombre y firma

<b>INDICE</b>	
Índice Tablas y Figuras	iii
Glosario	vii
Abreviaturas	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
Anexos	101
Encuesta Visitantes	101
Cuestionario evaluación administración PNCP	105
INTRODUCCIÓN	
ANTECEDENTES	4
JUSTIFICACION	8
HIPOTESIS	9
OBJETIVOS	10
Oceanografía	11
Geomorfología arrecifal	12
Fauna marina	12
Uso turístico	15
Toma de datos biológicos	15
Caracterización arrecifal mediante indicadores ecológicos	15
Georreferencia del área y medidas de los arrecifes	16
Estimación del impacto de buceo	16
Capacidad de Carga Turística	16
Capacidad de Carga de Buceo Diurno	18
Capacidad de Carga de Buceo Nocturno	24
Capacidad de Carga para sitios de Snorkel	27

Capacidad de Carga Turística total para el PNCP	28
Historial de visitantes	28
Perfil de visitantes	29
RESULTADOS	30
Caracterización arrecifal mediante indicadores ecológicos	30
Peces	30
Invertebrados bentónicos	34
Corales	38
Fragilidad por sitio en función al porcentaje de formas ramificadas de coral	42
Estimación del daño por buceo	49
Historial de visitantes	51
Longitud de senderos de buceo por localidad	49
Capacidad de Carga para sitios de Buceo SCUBA diurno	60
Capacidad de Carga para sitios de Buceo SCUBA nocturno	61
Capacidad de carga para sitios de Snorkel diurno	62
Capacidad de Carga para sitios de Snorkel nocturno	63
Capacidad de Carga total para el Parque Nacional Cabo Pulmo	64
Perfil y percepción de los visitantes	65
DISCUSIÓN	74
Estructura de la comunidad y procesos comunitarios	74
Nivel de Uso	80
Daño antropogénico	81
Capacidad de Carga de Buceo libre y autónomo en el PNCP	85
CONCLUSIONES	91
REFERENCIAS	943

## INDICE TABLAS Y FIGURAS

**Tabla I.** Seguimientos a turistas que realizaron actividades de buceo y snorkel durante el periodo de enero a febrero de 2011.

**Tabla II.** Muestra el medio de contacto con el que se realizó el impacto durante los seguimientos de buceo.

**Tabla III.** Estructuras arrecifales dañadas por los impactos del turismo.

**Tabla IV.** Georeferencia, longitud máxima y profundidad mínima y máxima de los sitios de buceo y snorkel del Parque Nacional Cabo Pulmo.

**Tabla V.** Cálculo de la capacidad de carga diaria de buceo diurno para las localidades de estudio del parque Nacional Cabo Pulmo.

**Tabla VI.** Cálculo de la capacidad de carga de buceo nocturno para las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo.

**Tabla VII.** Cálculo de la capacidad de carga diaria de snorkel diurno para las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo.

**Tabla VIII.** Cálculo de la capacidad de carga de snorkel nocturno para las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo.

**Figura 1.** Mapa del Parque Nacional Cabo Pulmo, donde se observan los arrecifes

**Figura 2.** Abundancia de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación. estudiados.

**Figura 3.** Riqueza de especies de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 4.** Equidad de especies de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 5.** Diversidad de especies de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 6.** Abundancia de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación. Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 7.** Riqueza de especies de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 8.** Equidad de especies de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 9.** Diversidad de especies de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 10.** Abundancia de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 11.** Riqueza de especies de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 12.** Equidad de especies de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 13.** Diversidad de especies de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

**Figura 14.** a) Porcentaje de corales por tipo de forma en: a) todo el PNCP; b) Las Casitas, c) Los Chopitos; d) El Cien; e) Los Frailes; f) Los Arbolitos.

**Figura 15.** Porcentaje de corales por tipo de forma en: g) Las Tinajitas; h) Las Tachuelas; i) Los Morros; j) El Bajo; k) El Cantil.

**Figura 16.** Número de visitantes que realizaron actividades de Buceo SCUBA y snorkel dentro del PNCP.

**Figura 17.** Fluctuación anual del turismo en el PNCP.

**Figura 18.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Las Casitas.

**Figura 19.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Las Tachuelas.

**Figura 20.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Arbolitos.

**Figura 21.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Frailes.

**Figura 22.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Chopitos.

**Figura 23.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de El Bajo.

**Figura 24.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Barra 100.

**Figura 25.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de El Cantil.

**Figura 26.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Las Tinajitas.

**Figura 27.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Morros.

**Figura 28.** Porcentaje por sexo de visitantes en el PNCP.

**Figura 29.** Porcentaje de edad de los visitantes en el PNCP.

**Figura 30.** Porcentaje de turistas según la nacionalidad.

**Figura 31.** Porcentaje de información sobre el conocimiento de Cabo Pulmo como Parque marino.

**Figura 32.** Porcentaje por tipo de actividad realizada durante la visita al PNCP.

**Figura 33.** Porcentaje de visitas realizadas en cada arrecife del PNCP.

**Figura 34.** Porcentaje de habilidad para el buceo SCUBA en función al tipo de certificación.

**Figura 35.** Información recibida sobre las reglas de conducta dentro del PNCP dada por los guías naturalistas.

**Figura 36.** Conciencia sobre la fragilidad del hábitat marino con respecto a las actividades de buceo SCUBA y snorkel.

**Figura 37.** Porcentaje de asistencia a taller informativo.

**Figura 38.** Grupo biológico de interés.

**Figura 39.** Percepción de la salud arrecifal por parte de los visitantes.

## Glosario

**Abundancia:** es el número de individuos que presenta una comunidad por unidad de superficie o de volumen (densidad de la población).

**Area Natural Protegida:** Una superficie de tierra o mar especialmente dedicada a la protección y mantenimiento de la Biodiversidad y de los recursos naturales y culturales asociados; manejada a través de medios legales, o de otros medios efectivos.

**Capacidad de Carga Efectiva (CCE) :** es la CCR modificada por la Capacidad de Manejo (CM) del Parque.

**Capacidad de Carga Física (CCF):** estimación del número máximo de visitas que físicamente se podrían realizar en determinado tiempo al lugar.

**Capacidad de Manejo (CM):** Análisis sobre la capacidad de manejo. Se realiza a través de la aplicación de un cuestionario para evaluar 3 componentes básicos de la administración del ANP, estos son: Infraestructura, personal y equipo.

**Capacidad de Carga Real (CCR):** se obtiene al modificar la CCF por una serie de factores de corrección que incluyen aspectos como el tamaño del grupo de buceo, las características y el nivel de fragilidad del sustrato, interacciones con el fondo (daños) por los buzos, factores climáticos y accesibilidad en función del nivel de experiencia del visitante.

**Comunidad:** grupo de poblaciones de plantas, animales y microorganismos que viven dentro de un hábitat particular y se afectan recíprocamente mediante interacciones bióticas o a través de sus influencias en el ambiente físico.

**Diversidad:** se refiere a la variedad de especies que constituyen una comunidad.

**Dominancia:** se refiere a la especie que sobresale en una comunidad, ya sea por el número de organismos, el tamaño, su capacidad defensiva, etc.

**Equidad:** grado de igualdad de la distribución de la abundancia (número de individuos, cobertura o biomasa) de las especies; el valor máximo ocurre cuando todas las especies presentan la misma abundancia.

**Factor de corrección:** Son formulados desde el punto de vista de la probabilidad. El término (Mlx/Mtx) representa la probabilidad empírica del evento x, con base en las observaciones sobre las condiciones biológicas, meteorológicas y de la interacción de los buzos con el sustrato, etc., de tal manera, el factor de corrección representa la probabilidad de no ocurrencia del evento analizado.

**Factor corrección por accesibilidad a los sitios:** Este factor toma en cuenta la accesibilidad a los sitios de buceo, considerando las limitaciones por profundidad y nivel de certificación del buzo.

**Factor de corrección por clima:** el número de días en los cuales no se pudo realizar la actividad debido a fenómenos meteorológicos durante el periodo de estudio.

**Factor de corrección por daños:** probabilidad de ocurrencia de daño como resultado de los contactos de los buzos, ya sea por descuido o intencional.

**Factor de corrección social:** Son los aspectos referentes a la calidad de la visita como: tamaño de los grupos, número de visitantes por guía, duración del tiempo de buceo y la distancia entre grupos para evitar aglomeración, facilitando la supervisión y control para seguridad y satisfacción del visitante.

**Habitat:** Es un lugar que ocupa la especie dentro del espacio físico de la comunidad.

**Parque Nacional:** espacio de alto valor natural y cultural, poco alterado por la actividad humana que, en razón de su carácter representativo, la singularidad de su flora, de su fauna o de sus formaciones geomorfológicas, merece su conservación una atención preferente y se declara de interés general de la Nación por ser representativo del patrimonio natural nacional.

**Riqueza:** número de especies de una comunidad, taxocenosis o área.

**Sucesión ecológica:** Es un cambio estructural de una comunidad en el que un conjunto de plantas y/o animales toman el lugar de otros, siguiendo orden predecible hasta cierto punto, aunque son tan variados como los ambientes en los que se lleva a cabo la sucesión.

**Turismo sostenible:** industria comprometida a hacer un bajo impacto sobre el medio ambiente y cultura local, al tiempo que contribuyen a generar ingresos y empleo para la población local

## **Abreviaciones**

**CC** : *Capacidad de carga*

**CCT**: *Capacidad de carga Turística:*

**CCF**: *Capacidad de carga Física:*

**CCR**: *Capacidad de Carga Real:*

**FC**: *Factor de corrección*

**FCsoc**: *Factor de corrección social:*

**FCfrag**: *Factor de corrección fragilidad*

**FCdaño**: *Factor de corrección por daños:*

**FCclim**: *Factor de corrección por clima:*

**FCacc**: *Factor de corrección por accesibilidad*

**CM**: *Capacidad de manejo:*

**SCUBA**: *Self Contained Underwater Breathing Apparatus. (Equipo de respiración autónomo submarino)*

**CONANP**: *Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas*

**ANP**: *Area Natural Protegida:*

**PNCP**: *Parque Nacional Cabo Pulmo:*

**SAT**: *Sistema de Administración Tributaria-Secretaria de Hacienda y Credito Público*

**N**: *Abundancia*

**S**: *Riqueza*

**J'**: *Equidad*

**H'**: *Diversidad*

**UPS**: *Unidades Prácticas de Salinidad*

**Fig**: *Figura*

**μ**: *Micra , micro o micrón*

**m:** *Metro o metros*

**m<sup>2</sup>:** *Metros cuadrados*

**m<sup>3</sup>:** *Metros cúbicos*

**mg:** *Miligramos*

**GPS:** *Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)*

**PCyM:** *Plan de Conservación y Manejo*

## Resumen

Con propósito de apoyar las decisiones de manejo correspondientes al aprovechamiento turístico del Parque Nacional Cabo Pulmo (PNCP), se evaluó el impacto del buceo recreativo, utilizando como descriptor a la Capacidad de Carga (CC). Su cálculo implicó el reconocimiento biológico de los sitios a evaluar y el registro del daño antropogénico sobre organismos bentónicos. Durante Agosto de 2011 se caracterizaron 10 localidades mediante censos visuales (n= 174) de invertebrados bentónicos e ictiofauna arrecifal a través de algunos índices ecológicos. El daño antropogénico se evaluó de febrero a diciembre de 2011, mediante seguimientos de buceo donde se registró el número de contactos sobre el arrecife y organismos involucrados. Cada localidad fue georreferenciada para calcular la distancia lineal por sendero de buceo. Posteriormente se calculó la CC para cada sitio y para todo el PNCP. Además, se realizó una evaluación del perfil de los visitantes y su percepción de la salud arrecifal mediante encuestas. La afluencia turística anual se analizó mediante registros obtenidos de prestadores de servicios locales. Los resultados mostraron que la forma “ramificada” en corales es la forma más frecuente (75%) y las mayores coberturas se encontraron al norte del Parque. La afluencia turística fue de 8,638 visitantes durante 2011 (4,482 buceo SCUBA y 4,156 snorkel). Las aletas fueron el medio de contacto más frecuente con los organismos bentónicos (49 %) y los corales recibieron el mayor porcentaje de impactos (28%). La CC indicó que el valor máximo es de 572.49 buceos/día equivalente a 286 buzos por día en el PNCP. El número máximo de buzos que el PNCP puede recibir en un año es de 94,380. Con respecto a la encuesta sobre la salud del Parque el 37 % de los turistas opino que el arrecife se encontraba muy saludable. En conclusión el uso actual es de tan solo el 5 % de la capacidad de carga sugerida.

## Abstract

In order to support the decisions related to management of tourism activities in Cabo Pulmo National Park, the impact of recreational diving through the analysis of the Carrying Capacity (CC) was assessed. The calculation involves the biological recognition of the sites in order to assess the damage caused to organisms by diving related activities. During August 2011, a total of 174 visual censuses of reef benthic invertebrates and fish fauna were conducted to characterize their community using standard ecological indices. To evaluate damage caused by divers, from February to December 2011 the number of contacts the divers made with the reef or the animals was recorded weekly. Each site was geo-referenced to calculate the dive trail linear distance. The CC was then calculated for each site and for all the PNCP. In addition, a survey on the profile of divers was done to assess their perception on the reef health. The annual records of visitors were provided by local tourism agencies. The results showed that branched corals are the most frequent form in the Park (75%), the highest coral cover being found in the northern sites. The tourist inflow was 8,638 visitors in 2011 (4,482 scuba diving and 4,156 snorkel). The fins were the most common means of contact (49%) and corals received the highest percentage of impacts (28%). The CC indicated that the maximum value for the PNCP was 286 divers per day. The maximum number of divers that the park can receive in one year is 94,380. As for the perception on reef health, 75% of the surveyed divers said it was very healthy. I conclude that to date, the CC of the park is only 5% of the allowed CC.

## INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos están considerados entre los ecosistemas más biodiversos y complejos de los océanos, y funcionan como zonas de refugio, alimentación, reproducción y crianza para numerosos organismos (Veron, 2000). Asimismo, son un recurso valioso para las comunidades costeras tropicales, ya que les proveen de beneficios sociales y culturales, así como de sustanciales beneficios económicos a través de actividades tales como la pesca y el turismo (McField & Kramer, 2007). Por estas razones los gobiernos están preocupados por su protección, considerando la diversidad de agentes de perturbación natural y antropogénica que puede afectarlos en décadas por venir. Particularmente en México, el gobierno federal ha designado una serie de sistemas arrecifales como Parques Nacionales o Reservas de la Biosfera (Bezaury Creel, 2005), con el fin de mantener su diversidad y sus funciones en el mejor estado posible, sin menoscabo de la calidad de vida de los residentes locales, ni la pérdida de su importancia cultural y recreativa para la sociedad. Ejemplo de esto es el área que comprende a la Bahía de Cabo Pulmo, en Baja California Sur, ya que fue declarada como una zona de protección del estado al ser adherida al Sistema Nacional de Áreas Protegidas el 6 de junio de 1995 (ANÓNIMO, 1995); y posteriormente al transcurrir cinco años, el 7 de junio del 2000 como Área Natural con el carácter de Parque Marino (CONANP, 2006).

El Parque Nacional Cabo Pulmo es considerado como una de las áreas más importantes de la región del Mar de Cortés. Esta importancia radica en la gran cantidad de especies marinas que habitan en el lugar y en que en sus aguas se ubica el único arrecife de coral vivo en la parte más septentrional del continente americano; es el único arrecife duro de toda la Península de Baja California, y además, es uno de los tres únicos arrecifes vivos que quedan en toda Norteamérica; su edad se estima en aproximadamente 20,000 años (Brusca & Thomson, 1975).

Debido a su belleza y naturaleza prístina, esta zona se encuentra bajo una intensa presión por los desarrolladores dada su enorme importancia para el turismo. Esta posible presión para la sustentabilidad de los recursos marinos y costeros ha llevado al sector público y privado a tratar de limitar en alguna medida el nivel de uso de los sistemas trabajando con un indicador objetivo llamado Capacidad de Carga. Este

indicador puede medirse de formas maneras (número de visitantes, de embarcaciones, tiempo de visita, etc. (Schleyer & Tomalin, 2000) y se calcula tomando en cuenta al menos tres componentes (Pomeroy *et al.*, 2004): el tamaño del arrecife o área, el daño estimado que causa un visitante promedio, y la capacidad de manejo del parque. El primer elemento está delimitado por factores naturales, mientras que los buzos ejercen un nivel de perturbación sobre el arrecife que depende de variables como su edad, experiencia, conciencia de conservación, e incluso de factores como el tamaño del grupo y la habilidad de control que tengan los guías de buceo (Dearden *et al.*, 2006). Finalmente, la habilidad de manejo de las administraciones está determinada por aspectos como el tamaño del personal, la cercanía de sus oficinas al sitio protegido, y la cantidad de recursos recibidos y generados de forma propia (Abernethy, 2000). La suma de estos elementos permite conocer el nivel de uso que se le puede diagnosticar a un sitio evitando cambios indeseables. Por todo lo anterior, la estimación de la capacidad de carga es un elemento fundamental para el manejo efectivo y ésta debe calcularse de forma independiente para cada arrecife de interés.

Los beneficios del turismo en las Áreas Marinas Protegidas (AMP's) pueden ser significativos, incluyendo el potencial para generar ingresos para el manejo. Sin embargo, como cualquier otra actividad humana en estas áreas, el turismo lleva implícito impactos ambientales; como ejemplo de estos impactos se han documentado daños a los corales provocados por buzos inexpertos o descuidados, contaminación provocada por las embarcaciones turísticas, daños a las poblaciones de peces que son objeto de la pesca deportiva, o compactación de dunas provocada por un exceso de bañistas en la playa (MPA News, 2004). El control de estos impactos puede ser un elemento tan importante del manejo de una AMP como cualquier otro, de tal forma que una clave potencial para tal manejo recae en la evaluación del número de turistas que una AMP puede sostener, su capacidad de carga (MPA News, 2004).

El término de Capacidad de Carga adaptado al turismo representa el nivel de uso público posible de admitir en un sitio o área, de manera que permita generar altos niveles de satisfacción de los visitantes con un impacto "aceptable" o mínimo sobre

los recursos del ANP; donde el concepto de impacto aceptable tiene implicaciones sociales, psicológicas y ecológicas, es decir, en un sitio bajo mucha presión turística, se puede afectar el ecosistema o la percepción del visitante, haciéndolo menos atractivo como destino turístico (CNAP, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de las actividades turísticas de buceo sobre el Arrecife de coral del Parque Nacional Cabo Pulmo utilizando su Capacidad de Carga como indicador.

## **Antecedentes**

En el contexto del buceo recreativo dentro de AMPs, la Capacidad de Carga (CC) se mide en términos de número de buceos por sitio por año (Jameson *et al.*, 1999). Las investigaciones realizadas en los últimos 20 años sobre esta práctica muestran discrepancia con respecto de la máxima intensidad de uso que puede soportar cada sitio de buceo, basándose en que la CC depende de una serie de factores como la presencia de organismos frágiles (Rielg & Cook, 1995), la experiencia de los buzos (Rouphael & Inglis, 1997), la presencia de otras fuentes de estrés antropogénicas (Hawkins & Roberts, 1997), y la capacidad de manejo de la AMP (Dixon *et al.* 1993). Lo anterior impide generalizar los resultados de estudios previos y aplicarlos en otras áreas. En lo que sí que concuerdan la mayoría de los autores es en que la CC no es un número fijo, sino un límite flexible que debe ser monitoreado y actualizado periódicamente conforme cambien los factores anteriores.

A nivel internacional se han hecho esfuerzos para determinar la máxima intensidad de uso que un arrecife puede mantener, como el análisis llevado a cabo en el Parque Marino Bonaire de las Antillas Holandesas. Dixon *et al.* (1993) entrevistaron a 79 buzos para conocer sus percepciones con respecto de la salud del arrecife y la cantidad de usuarios; adicionalmente, usaron foto-cuadrantes para analizar la cobertura coralina y diversidad de especies. Observaron que la gran mayoría de los buzos consideraron las condiciones del arrecife como buenas, aunque algunos de los usuarios más experimentados detectaron una disminución de la cobertura coralina en los últimos años. Los resultados del foto-análisis mostraron a una escala espacial y temporal, disminución en la cobertura coralina y mayor diversidad en áreas más frecuentadas. Basándose en sus hallazgos, estos autores concluyeron que existe un límite crítico de visitas entre los 4 y 6 mil buceos/sitio/año.

Hawkins y Roberts (1997), compararon el nivel de daño causado por el buceo en 3 regiones: la isla de Bonaire, Saba y Egipto, en términos de porcentaje de coral roto. Los sitios escogidos para el estudio tenían diferentes gradientes de afluencia turística conocidos y condiciones ambientales similares. Hawkins y Roberts (1997) concluyeron que existe un umbral aparente entre 5 mil y 6 mil buceos/sitio/año por

debajo del cual el daño es mínimo, pero una vez superado, el daño se acumula rápidamente.

Schleyer y Tomalin (2000), mediante estimaciones visuales de coral dañado en tres sistemas arrecifales en la bahía de Sodwana en Sudáfrica, identificaron el origen del daño y lo categorizaron como (a) natural, (b) depredación por la estrella de mar *Acanthaster planci*, (c) pesca con línea, (d) buceo y (e) no identificable. Asimismo, determinaron que el daño más intenso correspondió a la depredación por *A. planci*, así como a la pesca con línea, dado que la línea se enreda en los corales y los rompe. Por otra parte, el daño atribuible al buceo fue mayor en áreas de uso intenso. Finalmente, estos autores mediante un análisis de regresión lineal determinaron que 9 mil buceos/sitio/año corresponderían a un 10% de daño imputable a dicha actividad recreativa. Por ello Schleyer y Tomalin (2000) propusieron como medida precautoria, una intensidad de uso de 7 mil buceos/sitio/año.

En otro estudio llevado a cabo en Sudáfrica (Walters & Samways, 2001) se observó el comportamiento de 89 buzos bajo el agua. Los buzos entraron en contacto con el sustrato en 222 ocasiones, sin embargo, solo el 1.63% condujeron a un daño visual aparente. Los investigadores estimaron que una intensidad de uso de 80 mil buceos al año equivaldrían a que un 1m<sup>2</sup> recibe 2.3 contactos por año. En el tiempo en que se llevó a cabo la investigación, los arrecifes del área de estudio recibían alrededor de 28 mil buceos/sitio/año. La conclusión de estos investigadores fue que la intensidad de uso actual se encuentra dentro de un margen sustentable, es decir, el daño infringido por el buceo tiene un efecto mínimo o nulo en la salud del arrecife.

Por otro lado, Tratalos y Austin (2001) mediante video transectos, compararon sitios con alta cantidad de buzos y sitios con nula presencia de éstos; asimismo, analizaron la diferencia de cobertura cerca de la boya de buceo y los sitios más alejados de ésta. Encontraron más corales dañados y muertos en lugares donde la cantidad de buzos era mayor y demostraron que la cobertura de corales masivos era menor cerca de la boya de descenso de buceo, y que esta aumentaba conforme las áreas de buceo se alejan de ésta. Zakai y Chadwick-Furman (2002) investigaron en el Golfo de Aqaba, Israel, el comportamiento de 251 buzos y estimaron el daño

causado por el buceo en 4 sitios con diferentes niveles de visitas. En tan solo 12 km de costa, los arrecifes de Eliat recibían alrededor de 250 mil buceos por año, con más de 30 mil buceos en los sitios más visitados. Estos autores concluyeron que, dada la alta frecuencia de comportamientos que potencialmente dañan el arrecife y la proporción de corales dañados en los distintos sitios, la intensidad actual de uso de los arrecifes de Eliat no era sustentable ecológicamente. Con base en sus resultados, los autores sugirieron una capacidad de carga entre 5 mil y 6 mil buceos/sitio/año.

En Latinoamérica, también se han hecho esfuerzos para estimar la capacidad de carga en sitios de buceo. Tal es el caso de la isla de San Andrés, Colombia, en donde Gallo *et al.* (2001) seleccionaron 23 sitios de buceo de los más usados y estimaron su capacidad de carga empleando un método originalmente propuesto para porciones terrestres de áreas naturales desarrollado por Cifuentes-Arias *et al.* (1999). El método fue adaptado a las condiciones del arrecife. Los autores concluyeron que en promedio, los sitios de buceo de la isla de San Andrés podían soportar 29 buceos/sitio/día, equivalente a 10 mil buceos/sitio/año. En Brasil, Sousa *et al.*, (2006) usando el método de Cifuentes-Arias *et al.* (1999), determinaron la capacidad de carga de los arrecifes frente a la Playa Seixas en Paraíba. Sus resultados indicaron que las formaciones arrecifales de Playa Seixas podían soportar en promedio un nivel de uso de 26 buceos/sitio/día o 4,600 buceos/sitio/año como valor máximo (ya que sólo se puede bucear durante 180 días al año).

En el ámbito nacional existen algunos estudios como el hecho en la Zona de Protección de Flora y Fauna Los Arcos y en el Parque Nacional Islas Marietas, ubicados en la Bahía de Banderas, Jalisco (Ramírez *et al.*, 2008). Los autores adaptaron el método de Cifuentes-Arias *et al.* (1999) a las condiciones arrecifales locales. Basándose en sus resultados, los autores sugirieron una intensidad de uso promedio de 58 buceos/sitio/día equivalente a 21 mil trescientos buceos/sitio/año. Para los arrecifes de la costa de Quintana Roo, se tiene registro de dos investigaciones, la primera realizada en el Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos por Reyes Bonilla y colaboradores (2009), quienes utilizando la metodología

de Cifuentes-Arias *et al.* (1999) lograron determinar el nivel de uso dentro del ANP. Sus resultados mostraron que en promedio, la CC en el PNAPM es 58.3 buceos/sitio/día y anualmente el número promedio de visitantes que pueden realizar actividades de buceo libre y autónomo es de 21,279.5 buceos, cantidad que es excedida en 6 veces por el promedio anual de visitantes al PNAPM durante el período 2002-2007. En el mismo año (2009), solo que en el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, Cupul Magaña *et al.*, (2009) evaluaron el impacto de buceo turístico con la finalidad de calcular el umbral máximo de visitas dentro de 20 localidades del Parque Marino. De acuerdo con sus resultados, el número promedio de buzos que pueden soportar los arrecifes del PNAC es de 31,061.5 buzos/sitio/año y remarcaron que esta cantidad es 5 veces superior a lo propuesto para otras AMPs alrededor del mundo, es posible que el aparente amplio margen de la CC obtenida en el estudio se deba a que el reglamento del Parque prohíbe explícitamente el anclaje de las embarcaciones, medida clave en el control de la actividad ya que disminuye en gran medida el daño físico causado por el ancla e incrementa la Capacidad de Carga.

## **Justificación**

Debido a la inexistencia de antecedentes sobre este tipo de evaluaciones en el Parque Nacional Cabo Pulmo, se desconoce si el buceo recreativo ha llegado a su nivel crítico y si está creando problemas en los arrecifes. La información generada por el presente trabajo proporcionará a los administradores del parque herramientas objetivas para tomar acciones de manejo convenientes para el uso sustentable del arrecife. De esta manera y con la finalidad de contribuir al manejo turístico sustentable del arrecife de Cabo Pulmo, este trabajo tiene el propósito de establecer los límites críticos de uso de los sitios de buceo en el parque, tomando en cuenta sus características físicas, la capacidad de manejo de las autoridades, y el impacto de los buzos.

## **Hipótesis**

Aun que el nivel de uso de practicantes del buceo libre y autónomo dentro del Parque Nacional Cabo Pulmo (PNCP) se ha incrementado en los últimos años, la intensidad de buceo se mantiene relativamente baja comparada con la de otras AMPs de México, e.g., Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, por lo que la intensidad de buceo dentro del PNCP se encuentra por debajo de su capacidad de carga.

## **Objetivo**

Calcular la Capacidad de Carga de buceo libre y autónomo en el Parque Nacional Cabo Pulmo mediante la evaluación del impacto de las actividades turísticas sobre la estructura comunitaria del Arrecife de coral del PNCP, sobre la base de los siguientes objetivos particulares:

Describir la estructura de la comunidad béntica mediante el cálculo de indicadores ecológicos: abundancia (N), riqueza (S), diversidad ( $H'$ ), equidad ( $J'$ ).

Cuantificar el nivel de uso del PNCP mediante número de buzos (día/mes/año).

Tipificar y cuantificar el umbral y la frecuencia del daño como consecuencia de las actividades de buceo.

## **Área de Estudio**

El arrecife de Cabo Pulmo está ubicado en el Municipio de Los Cabos, Baja California Sur, entre las ciudades de La Paz y San José del Cabo, en los 23°22'30" y 23°30'00" N y los 109°28'03" y los 109°28'00" W (Fig 1) (Anaya Reyna, 1993). Se localiza cerca de la entrada del Golfo de California, en una zona de transición entre el Pacífico tropical y templado (Álvarez-Filip *et al.*, 2006).

La superficie cubierta por el parque es de 7,111 hectáreas, correspondiendo solo el 1% de ese espacio a la Zona Federal Marítimo Terrestre. El arrecife está formado por barreras de conglomerados coralinos que se encuentran orientados en forma paralela a la costa, llegando a alcanzar los 15 m de profundidad (CONANP, 2006).

## Oceanografía

La bahía está influenciada por agua fría y de baja salinidad (34.6 UPS) de la Corriente de California; agua más cálida y de salinidad media (34.65-34.85 UPS) proveniente del sur-este y acarreada por la corriente costera de Costa Rica; y agua cálida de alta salinidad (>34.9 UPS) proveniente del Golfo de California (Álvarez Borrego & Lara Lara, 1991), con una temperatura promedio anual de 24.97°C. Los nutrientes presentan valores de fosfatos (0.465  $\mu\text{M}$ ), silicatos (3.536  $\mu\text{M}$ ), nitratos (0.218  $\mu\text{M}$ ) y con una pigmentación de clorofila promedio anual de 0.2871mg pigmento/m<sup>3</sup>.

El patrón de corrientes del área sigue presumiblemente al que se conoce para la boca del Golfo de California. Durante el verano y el otoño las corrientes predominantes presentan una dirección norte, mientras que en el invierno y la primavera la dirección es hacia el sur (Álvarez Borrego y Lara Lara, 1991). Las corrientes de marea son fuertes y muy importantes en el transporte de materiales dentro del arrecife. Estas corrientes siguen un patrón particular; las más fuertes se presentan durante el verano y el invierno, en tanto que las de primavera y otoño son menos amplias (Reyes Bonilla, 1993a; Reyes Bonilla, 1993b).

Con respecto a la salinidad, aparentemente los valores de este parámetro permanecen más o menos constantes en 35 UPS a lo largo del año, aunque pueden alcanzar valores extremos por causas particulares. Por ejemplo, se han medido

salinidades de hasta 7 UPS donde desemboca el arroyo principal de la bahía (Anaya Reyna, 1993). Sobre la turbidez, se puede decir que las aguas de la bahía son claras. La región con mayores tasas de sedimentación corresponden a la zona sur, mientras que el efecto es menor en las zonas centro y norte (Martínez Olgúin *et al.*, 1992).

### Geomorfología arrecifal

La bahía está dividida en tres secciones: (1) la norte, caracterizada por suelo arenoso, poca cobertura de coral y una fuerte influencia de agua dulce en verano y otoño (Squires, 1959); (2) la sección sur, donde el movimiento del agua es poco, debido a la protección de la Punta de Los Frailes; (3) la sección central, con grandes áreas de sustrato duro (granito, arenisca y conglomerado) y una pendiente suave que soporta una gran densidad de coral, por lo que constituye el núcleo del arrecife. El arrecife está orientado en dirección noreste-suroeste y es una sola unidad intercomunicada (Fig. 1). Sin embargo, se distinguen tres barras o secciones alargadas del cuerpo del arrecife, separadas entre sí por franjas de arena de distinta anchura (Squires, 1959; Robinson & Thomson, 1992). Estas barras se extienden a una profundidad máxima de 20 m (en su sección norte), hasta la exposición de la parte superior de las colonias de coral durante la bajamar en algunas porciones de la barra más cercana a la costa (Anaya Reyna, 1993; Reyes Bonilla, 1993b).

### Fauna marina

La fauna de Cabo Pulmo está conformada por especies provenientes de las provincias biogeográficas Panámica, Californiana y Corteziana, así como algunas especies de la región del Indo Pacífico (Reyes Bonilla, 1993b). La comunidad coralina del arrecife presenta casi todas las especies de corales zooxantelados registrados en el Golfo de California: *Porites panamensis* Verrill, 1966; *Pavona clavus* (Dana, 1846); *Pavona gigantea* Verrill, 1869; *Pocillopora capitata* Verrill, 1864; *Pocillopora damicornis* (Linneo, 1758); *Pocillopora meandrina* Dana, 1846; *Pocillopora verrucosa* (Ellis & Solander, 1786); *Psammocora stellata* (Verrill, 1866); *Psammocora brigham* (Vaughan, 1907) y *Fungia* spp. (Reyes Bonilla *et al.*, 1997;

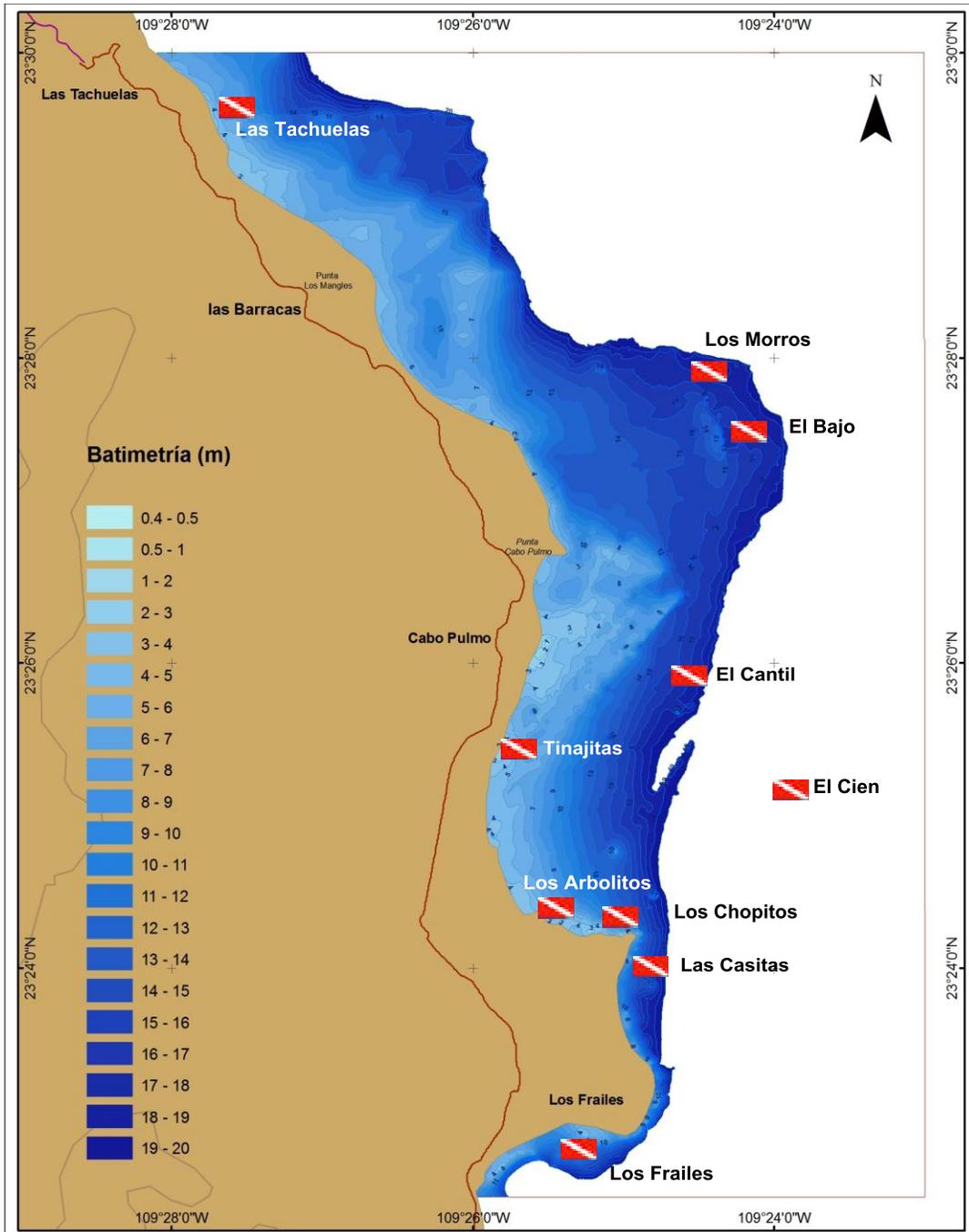
Reyes Bonilla & Calderón Aguilera, 1999). Asociados a esta comunidad coralina hay una gran riqueza de organismos, lo que corrobora la alta productividad del sistema. Entre los inventarios publicados se encuentran los de poliquetos (Bastida Zavala, 1991), macroalgas (Anaya Reyna & Riosmena Rodríguez, 1996), gorgonias y corales pétreos (Reyes Bonilla *et al.*, 1999), equinodermos (Cintra Buenrostro *et al.*, 1998), anomuros (García Madrigal, 1999), Braquiuros (García Madrigal & Bastida Zavala, 1999).

La importancia ictiológica del arrecife de Cabo Pulmo radica en la existencia de un alto número de especies, tanto residentes como visitantes, que se benefician de la biomasa producida por el arrecife. Se han registrado 236 especies de peces, pertenecientes a 155 géneros y 60 familias (Villarreal Cavazos *et al.*, 2000). La mayoría de ellas pertenece a la Provincia Panámica, aunque también hay una proporción considerable de taxa del Indo Pacífico y endémicos del Golfo de California y, en menor grado, especies circuntropicales, Atlánticas y Cosmopolitas. Esta riqueza ictica excede las cifras registradas para muchos arrecifes rocosos o coralinos del Pacífico mexicano, lo cual es relevante, ya que el arrecife de Cabo Pulmo cubre un área relativamente pequeña (Villarreal Cavazos *et al.*, 2000).

### Uso turístico

En la zona de Cabo Pulmo las actividades turísticas comenzaron a mediados de los 90's antes de que el área fuera decretada como Parque Nacional por la CONANP; en ese entonces eran muy pocos los prestadores de servicios que operaban en la localidad brindando visitas guiadas de buceo y snorkel; sin embargo, han transcurrido ya más de 20 años y el número de prestadores de servicios no se ha incrementado significativamente, siendo tan solo 4 compañías locales las que ofrecen servicios de buceo dentro del Parque Nacional.

Existen 10 sitios que son utilizados para la realización de las actividades de buceo recreativo y snorkel (Fig. 1), Las Tachuelas, Los Morros, El Bajo, El Cantil, Tinajitas, El Cien, Los Arbolitos, Los Chopitos, Las Casitas y Los Frailes.



**Figura 1.** Mapa del Parque Nacional Cabo Pulmo donde se muestra la localización de los arrecifes estudiados.

## **MÉTODO**

### **Caracterización del área de estudio**

La visita a la zona de estudio se llevó a cabo durante Agosto 2011, en 10 localidades ubicados dentro del PNCP, para llevar a cabo la caracterización arrecifal se tomaron datos de organismos; esto se hizo mediante conteos de peces, y determinaciones de la cobertura y riqueza de invertebrados arrecifales. Además, se tomaron datos sobre el estado general y la cobertura (abundancia) de las colonias de coral masivas y ramificadas.

#### *Toma datos biológicos*

En total se llevaron a cabo 174 censos de organismos, divididos en cinco grupos taxonómicos de interés. La información se generó dentro de bandas de 1 x 30 m (corales, moluscos, equinodermos y crustáceos) y 2 x 30 m (peces). Todos los datos fueron integrados a una hoja electrónica de Excel para su análisis.

#### *Caracterización arrecifal mediante indicadores ecológicos*

Con la finalidad de caracterizar y detectar los patrones comunitarios de los cinco grupos taxonómicos censados, se llevó a cabo el cálculo de índices ecológicos (Riqueza [S]; Abundancia [N]; Diversidad [H'] y Uniformidad [J']) por transecto para las 10 localidades estudiadas. Posteriormente, se determinaron las posibles diferencias entre los atributos ecológicos entre las localidades. Tomando en consideración que el número de transectos realizados varió entre los sitios de muestreo se utilizó estadística no paramétrica, aplicando una prueba por rangos de Kruskal Wallis ( $\alpha=0.05$ ); en los casos donde se detectaron diferencias se aplicaron las pruebas *a posteriori* de Dunn's y Tukey.

También, para cada localidad se obtuvo el porcentaje de cobertura de coral. Los datos de corales y gorgonáceos fueron arreglados para detectar la abundancia relativa de las especies que por su forma de crecimiento, para obtener el "Factor de corrección por fragilidad" que es una parte sustancial del cálculo de la capacidad de carga.

### Georreferencia del área y medidas de los arrecifes

Cada sitio de buceo fue georreferenciado usando un GPS (precisión 3 m) tomando dos marcas, una que indicaba el inicio del arrecife y una segunda donde se encontró el final. Posteriormente, con ambas coordenadas se calculó la distancia lineal en metros a la que equivale la sección del arrecife que recorren los turistas durante las actividades de buceo, obteniendo de esta manera una medida total del sendero de buceo para cada localidad.

### Estimación del impacto del Buceo

El procedimiento utilizado para cuantificar el daño causado por el buceo se basó en el método de Rouphael e Inglis (1997), empleado para conocer el impacto del buceo SCUBA.

Este método consiste en examinar el comportamiento de los buzos por un período de 10 minutos en los sitios más visitados del PNCP. Para cada buzo se registró la frecuencia con que realizó actividades que potencialmente dañaron al arrecife (contacto con aletas, manos, resuspensión del sedimento, entre otros) y el tipo de sustrato involucrado en la actividad (coral ramificado, blando o masivo, esponjas, estructura arrecifal, arena, etc.).

En el periodo de febrero a diciembre de 2011 se llevaron a cabo 241 seguimientos a turistas que realizaron actividades de buceo SCUBA o snorkel en las siguientes localidades del PNCP: 1) Las tachuelas, 2) Los morros, 3) El Bajo, Las Navajas, 4) El Cantil, 5) La Esperanza 6) La Sirenita, 7) El Islote, 8) Las Casitas, 9) La Lobera.

### Capacidad de Carga Turística

El cálculo de capacidad de carga turística (CCT) se realizó basándose en la metodología de Cifuentes-Arias *et al.* (1999), adaptada a las condiciones del ambiente marino por Gallo *et al.* (2001) y Sousa-Melo *et al.* (2006). Esta metodología busca establecer el número máximo de visitas que puede recibir un área protegida con base en las condiciones físicas, biológicas y de manejo que se presentan en el área en el momento del estudio. Consta de tres etapas:

- Capacidad de Carga Física (CCF): consiste en la estimación del número máximo de visitas que físicamente se podrían realizar en determinado tiempo al lugar. Está dada por la relación entre el horario y duración de la visita, el espacio disponible para la visita y el espacio necesario para el visitante.
- Capacidad de Carga Real (CCR): se obtiene al modificar la CCF por una serie de factores de corrección que incluyen aspectos como el tamaño del grupo de buceo, las características y el nivel de fragilidad del sustrato, interacciones con el fondo (daños) por los buzos, factores climáticos y accesibilidad en función del nivel de experiencia del visitante.
- Capacidad de Carga Efectiva (CCE): es la CCR modificada por la Capacidad de Manejo (CM) del Parque.

Cada una de estas capacidades es inferior o igual a la precedente, de tal manera que primero se requiere establecer la CCF, en segundo lugar se establece la CCR y finalmente, se establece la CCE ó turística.

#### *Capacidad de Carga Turística para sitios de buceo diurno*

El proceso de estimación de la CCT se realizó bajo los siguientes supuestos:

1. El buceo se lleva a cabo sobre senderos lineales.
2. El tránsito en los senderos de buceo es unidireccional (favorecido por las corrientes).
3. Cada buzo ocupa un espacio de  $3m^2$  para desplazarse libremente sin entrar en contacto físico con otros buzos.
4. El número máximo de buzos por guía es de 6, como se establece en la Regla 34 del Capítulo IV de las Reglas Administrativas del Programa de Conservación y Manejo del PNCP (CONANP, 2006).
5. La distancia entre los grupos de buzos es de 50m.
6. El horario del parque es de 13 horas para buceo diurno y 3 horas para buceo nocturno (Regla 27, PCyM PNCP)
7. Duración de visita: 2 horas desde que la embarcación sale del lugar de embarque hasta que regresa.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se definió la CCT diurna para todas las localidades de estudio, utilizando como localidad tipo al sitio de buceo “El Bajo”.

- Estimación de la CCF.

$$CCF = \left( \frac{S}{Sp} \right) * Nv$$

**Donde:**

**S** = Superficie disponible en metros lineales de cada sendero de buceo.

**Sp** = Superficie usada por una persona.

**Nv** = Número de veces que podría repetirse la visita al día sin considerar modelos de descompresión.

S = 1124m; Sp = 3m<sup>2</sup>; Nv = 6.5 buceos/día/visitante

$$Nv = \frac{Hv}{Tv}$$

**Donde:**

**Hv**= Horario de visita.

**Tv**= Tiempo utilizado en cada visita

Hv= 13 horas/día; Tv= 2 horas/buceos/visitante

$$CCF = \left( \frac{1124m}{3m} \right) \left( \frac{13h}{2h} \right) = 2,435.35 \text{ buceos/ día}$$

El resultado anterior nos indica que, dadas las características del sitio como el tamaño y el horario de acceso al Parque, potencialmente se podrían realizar 2,435.35 buceos por día, si sólo tomamos en cuenta estos aspectos. Sin embargo,

esto es sólo el primer paso del método, ya que una vez calculada la CCF se procede al cálculo de la CCR.

- Estimación de la CCR.

La CCR es la CCF modificada por una serie de factores de corrección. La fórmula para calcular los factores es la siguiente:

$$FCx = 1 - \left( \frac{Mlx}{Mtx} \right)$$

**Donde:**

**FCx**= Factor de corrección x

**Mlx**= Magnitud limitante x; y

**Mtx**= Magnitud limitante x

Los factores de corrección fueron formulados desde el punto de vista de la probabilidad. El término (Mlx/Mtx) representa la probabilidad empírica del evento x, con base en las observaciones sobre las condiciones biológicas, meteorológicas y de la interacción de los buzos con el sustrato, etc. De tal manera, el factor de corrección representa la probabilidad de no ocurrencia del evento analizado (Gallo *et al.*, 2002).

En este trabajo, los factores de corrección utilizados fueron los siguientes: factor de corrección social (FCsoc); factor de corrección por fragilidad (FCfg); factor de corrección de daño por toques (FCdaño), factor de corrección por condiciones climáticas (FCclim), factor de corrección por accesibilidad (FCacc).

- Factor de corrección social (FCsoc): Son los aspectos referentes a la calidad de la visita como: tamaño de los grupos, número de visitantes por guía, duración del tiempo de buceo y la distancia entre grupos para evitar aglomeración, facilitando la supervisión y control para seguridad y satisfacción del visitante.

En relación con el tamaño de los grupos, las reglas administrativas del Plan de Conservación y Manejo (PCyM) del PNCP establecen en el Capítulo IV. *De los visitantes*, Regla 34, el número máximo de usuarios por cada instructor durante las actividades de buceo diurno esta determinado como sigue:

- a) Subzona de Preservación 1 (SP1)      6 personas
- b) SASRN 1      8 personas

Los sitios de buceo del PCyM están en la SP1, por lo cual se utilizará el valor de 6 buzos por guía.

Utilizando nuevamente como localidad tipo al sitio de buceo El Bajo, el *FCsoc* se calculó de la siguiente forma:

La longitud del “sendero” de buceo es de 1124 m, el número máximo de buzos por grupo (incluyendo al guía o instructor) es de 7, la longitud ocupada por el grupo es de 21 m y la distancia mínima entre grupos para evitar aglomeración se consideró de 50 m, de tal manera que la distancia entre grupos es de 71 m. Para calcular el número de grupos simultáneos en el sendero utilizamos la siguiente ecuación:

**Donde:**

**NG**=Número de grupos

$$NG = \frac{\text{Largo total del sendero}}{\text{distancia requerida por grupo}} = \frac{1124m}{71m} = 15.83 \text{ grupos}$$

El número de buzos que simultáneamente pueden estar en el sendero son:

**Donde:**

**P**= Número de buzos

$$P = NG * \text{buzos en el grupo} = 15.83 * 7 = 110.82 \text{ buzos}$$

La magnitud limitante (mlx) para este factor es el segmento del sendero de buceo que no puede ser ocupado debido a que debe mantenerse una distancia mínima

entre grupos. Dado que los grupos son de 6 personas por guía, la distancia entre los grupos es de 71m, considerando que cada buzo requiere de 3m, entonces:

**Mlx**= (metros totales sendero – distancia ocupada por las personas en el sendero)

$$\mathbf{Mlx} = 1124 \text{ m} - 332.46 \text{ m} = 791.54 \text{ m}$$

**Mtx**= magnitud total del sendero = 1124 m

$$FC_{soc} = 1 - \left( \frac{791.54}{1124} \right) = 0.2957$$

Factor de corrección por fragilidad (FCfg): Se calculó con la información tomada en campo sobre el porcentaje de cobertura de formas coralinas ramificadas:

**Donde:**

**Mlx** = porcentaje cobertura de formas ramificadas y foliosas

**Mtx**= porcentaje total

$$FCfg = 1 - \left( \frac{80.53}{100} \right) = 1 - 0.8053 = 0.1947$$

Factor de corrección de daños por toques (*FCdañ*): Para calcular este factor, se estimó la probabilidad de ocurrencia de daño como resultado de los contactos de los buzos, ya sea por descuido o intencional. En el caso de no tener información del sitio se utilizó el valor promedio calculado a partir de todos los sitios y el valor resultante fue de 0.42.

$$FCdañ = 1 - 0.42 = 0.57$$

Factor de corrección por fenómenos meteorológicos (*FCmt*): De acuerdo con los registros de los prestadores de servicios de Cabo Pulmo y Capitanía de Puerto de Los Cabos, el número de días en los cuales no se pudo realizar la actividad debido a fenómenos meteorológicos durante 2011 fueron 35 días, de tal manera que el *FCmt* se calculó de la siguiente forma:

$$FC_{mt} = 1 - \left( \frac{hl}{ht} \right) = 1 - \left( \frac{455 \text{ horas}}{4745 \text{ horas}} \right) = 1 - 0.0956 = 0.9041$$

**Donde:**

**hl**= horas cierre al año

**ht**= horas que el PNCP está abierto al año

Factor de corrección por accesibilidad a los sitios (*FCacc*): Este factor toma en cuenta la accesibilidad a los sitios de buceo, considerando las limitaciones por profundidad y nivel de certificación del buzo. Se considera que el límite máximo para el buceo en el nivel principiante es de 18 metros, por lo cual, aquellos sitios en los que la actividad se lleve a cabo más allá de esta profundidad, estarán restringidos a este nivel y sólo podrá llevarse a cabo por aquellos buzos con certificación intermedia o avanzada.

Para el caso del PNCP, no se aplicó este factor debido a que en el PCyM estas restricciones ya se encuentran establecidas en las Reglas Administrativas, en el *Capítulo IV. De los visitantes*, Regla 36 y 37.

Para calcular la CCR, multiplicamos la CCF por los factores de corrección calculados para cada uno de los sitios. En el caso de El Bajo, nuestro sitio tipo, tenemos que:

$$CCR = CCF * (FC_{soc} * FC_{fg} * FC_{daño} * FC_{clim} * FC_{acc}) = CCF * FC_x$$

$$CCR = 2435.33 * (0.2954 * 0.1947 * 0.5142 * 0.9041) = 2435.33 * 0.0267$$

$$CCR = 65.20 \text{ buceos/día}$$

De tal manera que la CCR calculada para El Bajo mediante la aplicación de los factores de corrección a la CCF resultó de 65.20 buceos por día.

## Capacidad de manejo (CM)

El análisis sobre la capacidad de manejo del PNCP se realizó a través de la aplicación de un cuestionario para evaluar tres componentes básicos de la administración del PNCP, estos fueron: Infraestructura, personal y equipo.

Los criterios de evaluación fueron:

Estado, Localización y funcionalidad, los cuales se calificaron de acuerdo con la siguiente escala:

Porcentaje de valoración	Valor	Calificación
≤35%	0	No satisfactorio
36 – 50%	1	Poco satisfactorio
51 – 75%	2	Medianamente satisfactorio
76 – 89%	3	Satisfactorio
≥90%	4	Muy satisfactorio

Para cada componente se obtuvo un promedio de la calificación y posteriormente la CM se obtuvo a partir del promedio de los valores correspondientes a Infraestructura, Equipo y personal:

$$CM = \frac{\text{Infraestructura} + \text{equipo} + \text{personal}}{3} = \frac{0.45 + 0.63 + 0.32}{3} = \frac{1.40}{3} = 0.4731$$

$$CM = 0.4731$$

## Capacidad de Carga Efectiva (CCE)

La CCE representa el número de buceos/día que el sitio de buceo puede permitir. Para estimar la Capacidad de Carga Efectiva (CCE) se modifica la CCR con la CM de tal manera que:

$$CCE = CCR * CM = 65.20 * 0.4731 = 30.84 \text{ buceos/día}$$

Con lo cual, el número máximo de buceos que se pueden efectuar en el sitio tipo El Bajo fue de 30.84 buceos/día.

### Capacidad de Carga para sitios de Buceo Nocturno.

El cálculo de la CCT para sitios de buceo nocturno se realizó de la misma forma que para el buceo diurno, modificando sólo algunos puntos de los supuestos:

1. El número máximo de buzos por guía es 3 como se establece en el programa de conservación y manejo (CONANP, 2006).
2. La distancia entre los grupos de buzos es de 50m.
3. El horario del Parque es de 3 horas para buceo nocturno.
4. Duración de visita: 2 horas desde que la embarcación sale del muelle hasta que regresa.

Debido a que se siguió el mismo procedimiento para estimar la CCT en los diez sitios estudiados, a continuación sólo se muestra cómo se definió la CCT para el sitio de buceo El Bajo.

- Estimación de la CCF

$$CCF = \left( \frac{S}{Sp} \right) * Nv$$

Donde:

**S** = Superficie disponible en metros lineales de cada sendero de buceo.

**Sp** = Superficie usada por una persona.

**Nv** = Número de veces que podría repetirse la visita al día sin considerar modelos de descompresión.

S = 1124m; Sp = 3m<sup>2</sup>; Nv = 1.5 buceos/visitante/día

$$Nv = \frac{Hv}{Tv}$$

Donde:

**Hv**= Horario de visita.

**Tv**= Tiempo utilizado en cada visita.

Hv= 3 horas; Tv= 2 horas/buceo

$$CCF = \left( \frac{1124m}{3m} \right) \left( \frac{3h}{2h} \right) = 562 \text{ buceos/ día}$$

#### *Estimación de la CCR Nocturna.*

De manera similar a la CCR diurna se aplicaron los mismos factores de corrección: factor de corrección social (FCsoc); factor de corrección por fragilidad (FCfg); factor de corrección de daño por toques (FCdaño), factor de corrección por condiciones climáticas (FCclim). Sólo que el factor de corrección social se modifica porque cambia el número de buzos permitidos, esto es:

- Factor de corrección social (FCsoc): Son los aspectos referentes a la calidad de la visitación como: tamaño de los grupos, número de visitantes por guía, duración del tiempo de buceo y la distancia entre grupos para evitar aglomeración, facilitando la supervisión y control para seguridad y satisfacción del visitante.

En relación con el tamaño de los grupos, las reglas administrativas del PCyM del PNCP establecen en el Capítulo IV. *De los visitantes*, Regla 35, el número máximo de usuarios por cada instructor durante las actividades de buceo diurno está determinado como sigue:

- c) Subzona de Preservación 1 (SP1)      3 personas
- d) SASRN 1                                      3 personas

Los cálculos para obtener el FCsoc nocturno se realizaron de manera similar que en el buceo diurno, considerando que para el caso del buceo nocturno el número de buzos permitidos por guía es de 3, con lo cual la longitud del grupo se modifica a 12 m y la distancia entre grupos es de 62 m; por lo tanto, el FCsoc se modifica de la siguiente manera:

**NG**= Número total de grupos

**P**= Número total de buzos

$$NG = \left( \frac{1124}{62} \right) = 18.13 \text{ grupos}$$

$$P = 18.13 * 4 = 72.52 \text{ buzos}$$

**Mlx**= distancia (m) total sendero – distancia ocupada por las personas en el sendero

**Mtx**= magnitud total del sendero

$$Mlx = 1124 \text{ m} - 217.56 \text{ m} = 906.44 \text{ m}$$

$$Mtx = 1124 \text{ m}$$

$$FCsoc = 1 - \left( \frac{906.44}{1124} \right) = 1 - 0.8064 = 0.1936$$

Los factores de corrección por fragilidad y climáticos no fueron modificados porque corresponden a atributos ambientales. En el caso del factor de corrección por daños se mantuvo el mismo valor que para el buceo diurno, al no contar con información de campo; no obstante, es posible que este sea mayor en la actividad nocturna, debido a lo limitado de la visión del buzo, lo que hace más probable el contacto involuntario con alguna parte de la estructura arrecifal.

Una vez calculados los factores de corrección, se procedió a la obtención de la CCR para los sitios con buceo nocturno. De la misma forma que se calculó la CCR diurna,

se multiplicó la CCFnoct por los factores de corrección calculados para cada uno de los sitios. Utilizando de nuevo nuestro sitio tipo El Bajo, se obtuvo:

$$CCR_{noct} = 562 * (0.1936 * 0.1946 * 0.5142 * 0.9041) = 562 * 0.0175$$

$$CCR = 9.84 \text{ buceos/día}$$

De tal manera que la CCRnoct calculada para El Bajo, mediante la aplicación de los factores de corrección a la CCFnoct fue de 9.84 buceos por día.

### **Capacidad de Carga Efectiva Nocturna (CCEnoct)**

La CCEnoct representa el número de buceos/día que el sitio de buceo puede permitir. Para estimar la CCEnoct se modifica la CCRnoct con la CM (utilizamos la calculada para buceo diurno) de tal manera que:

$$CCEnoct = CCR_{noct} * CM = 9.84 * 0.47 = 4.62 \text{ buceos/día}$$

El número máximo de buceos nocturnos que se pueden efectuar en el sitio El Bajo fue de 4.62 buceos/día.

### **Capacidad de Carga para sitios de Snorkel**

De manera similar se aplicó la metodología modificada de Cifuentes-Arias *et al.* (1999) a los sitios designados para desarrollar la actividad del buceo libre o snorkeling.

Los sitios en los cuales se realizó éste cálculo fueron los mismos que para buceo autónomo, por lo que se aplicaron las mismas consideraciones que en las estimaciones para el cálculo de la CCT, a excepción del número de buzos por guía, ya que en la Regla 34 del PCyM se establece que para la actividad de buceo libre (snorkeling), el número máximo de personas por instructor es de 8 para buceo libre diurno y 5 para buceo libre nocturno. Asimismo, en la Regla 28 se establece el uso obligatorio del chaleco salvavidas, con lo cual se evitan las apneas y en

consecuencia las interacciones con el fondo. El procedimiento de cálculo fue similar al buceo autónomo.

### **Capacidad de Carga total de Buceo para el Parque Nacional Cabo Pulmo**

La estimación de la CC por buceo se calculó para los cuatro tipos de actividades subacuáticas que se llevan a cabo en el PNCP; esto es, buceo autónomo (SCUBA) diurno, SCUBA nocturno, buceo libre (snorkel) diurno y snorkel nocturno. Para estimar el número máximo total de buceos por sitio y total en el PNCP, sumamos los valores correspondientes a cada sitio por actividad, estos es:

$$\text{CC buceo diurno} + \text{CC buceo nocturno} = \text{CC máxima}$$

### **Historial de visitas**

Para conocer la afluencia turística y los patrones estacionales de la visitación, se consultaron las bitácoras de prestadores de servicios y con los datos obtenidos se construyó una base de datos en la cual se registró el número de buzos por día/arrecife que visitaron el Parque Nacional durante 2011. De manera paralela se obtuvieron registros de la administración del parque sobre el pago de derechos (venta de brazaletes). El pago de derechos es una cuota que se cobra a los usuarios para tener acceso a los arrecifes del parque. Se paga a través de la adquisición de un brazalete cuando se contrata una guía de snorkel o SCUBA. El brazalete es proporcionado por el prestador de servicios turísticos. El pago de derechos tiene dos funciones. Por un lado es un mecanismo para generar ingresos que permitan a la administración del parque cubrir parcial o totalmente sus gastos de operación (Green & Donnelly, 2003) y por otro, facilita a la administración llevar un registro del número de turistas que visitan el parque.

### Perfil y percepción de los visitantes.

Se aplicaron 83 encuestas a los turistas que habían tomado algún viaje de SCUBA o snorkel, una vez concluida su visita al arrecife. Este procedimiento se hizo con el fin de conocer diversos datos de su actividad como el tiempo de SCUBA o snorkel, número de inmersiones al día, profundidad, número de días de visita, el tamaño del grupo y su grado de satisfacción en la experiencia. Además, se interrogó al turista sobre el estado de salud del arrecife (excelente, bueno, malo deteriorado) y cuáles son los indicadores que considera para evaluarlo de tal modo (cantidad de peces, presencia de corales rotos, organismos dañados, etc.). Otra serie de datos que se obtuvieron en las encuestas fue saber cuál fue el grupo de organismos que le pareció más destacable a los usuarios (peces, corales), el tamaño deseable de los grupos de buceo, la distancia mínima ideal entre buceadores. Finalmente, se preguntó a los usuarios su opinión sobre aspectos que deberían ser cubiertos por las autoridades de los parques o por los prestadores de servicios; por ejemplo, se incluyeron preguntas sobre si la información proporcionada por los guías fue adecuada y correcta, si conocían las reglas del Parque antes de la visita y qué tipo de productos serían recomendables de poner a disposición de los visitantes (guías de especies, mapas de la localidad, etc.).

## Resultados

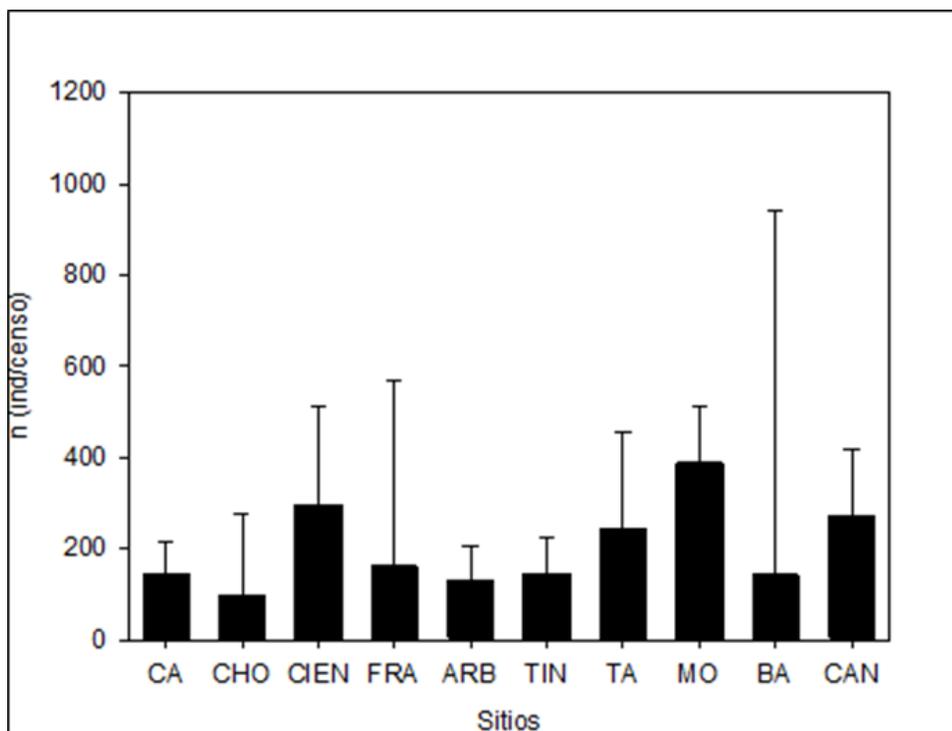
### Caracterización arrecifal mediante indicadores ecológicos

#### Peces

La estructura comunitaria de la íctiofauna de las localidades caracterizadas dentro del Parque Nacional Cabo Pulmo fue representada por un total de 75 especies pertenecientes a 53 géneros, 31 familias, 8 órdenes y 2 clases.

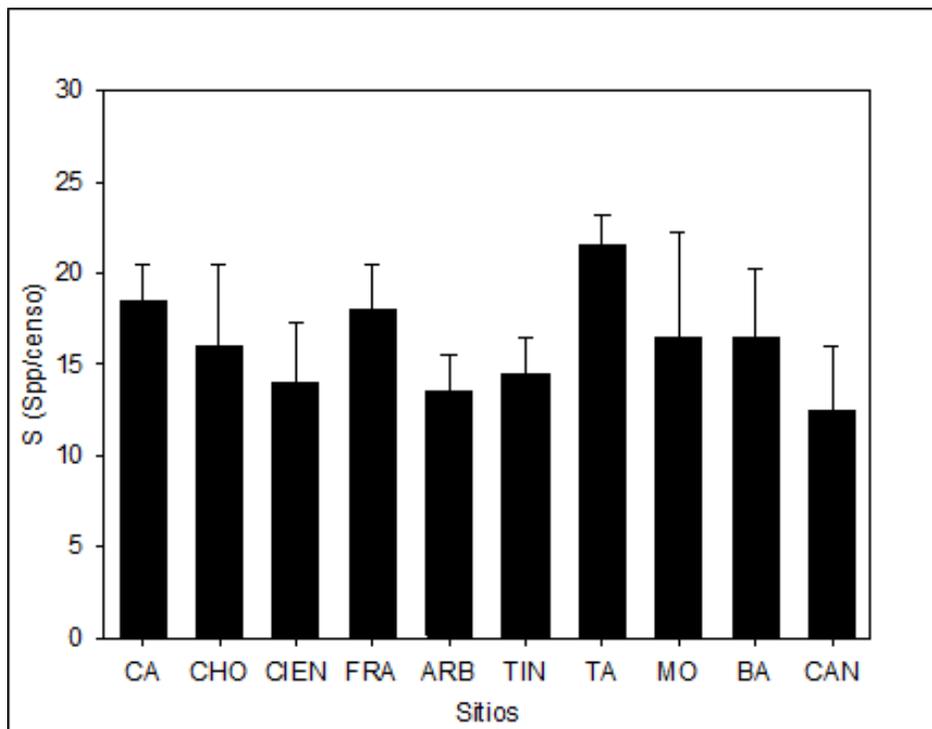
Entre las especies más abundantes encontramos a *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata*, *Paranthias colonus*, *Halichoeres dispilus*, *Prionurus punctatus*, *Stegastes rectrifaenum*, *Haemulon sexfasciatum*, *Bodianus diplotaenia*, *Cirrhitichthys oxycephalus*, *Lutjanus viridis*, *Caranx sexfasciatum*, *Plagiotremus azaleus*, *Abudefduf troscheli*, *Elops affinis*, *Kyphosus analogus*, *Mulloidichtys dentatus*, *Mycteroperca rosácea*, *Lutjanus argentiventris*, *Caranx caballus* y *Sufflamen verres*.

El análisis de la abundancia de peces con base en los valores de las medianas, mostró a las localidades de Los Morros ( $388 \pm 511$  ind/censo) y El Cien ( $297.5 \pm 481$  ind/censo) como las de mayor concentración de individuos por censo, las menores abundancias fueron registradas en Los Chopitos ( $95 \pm 267$  ind/censo) y El Bajo ( $142.5 \pm 900$  ind/censo). Sin embargo, la prueba por rangos Kruskal Wallis no mostró diferencias estadísticas significativas entre las localidades de estudio ( $H_9=9.517$ ;  $p=0.391$ ).



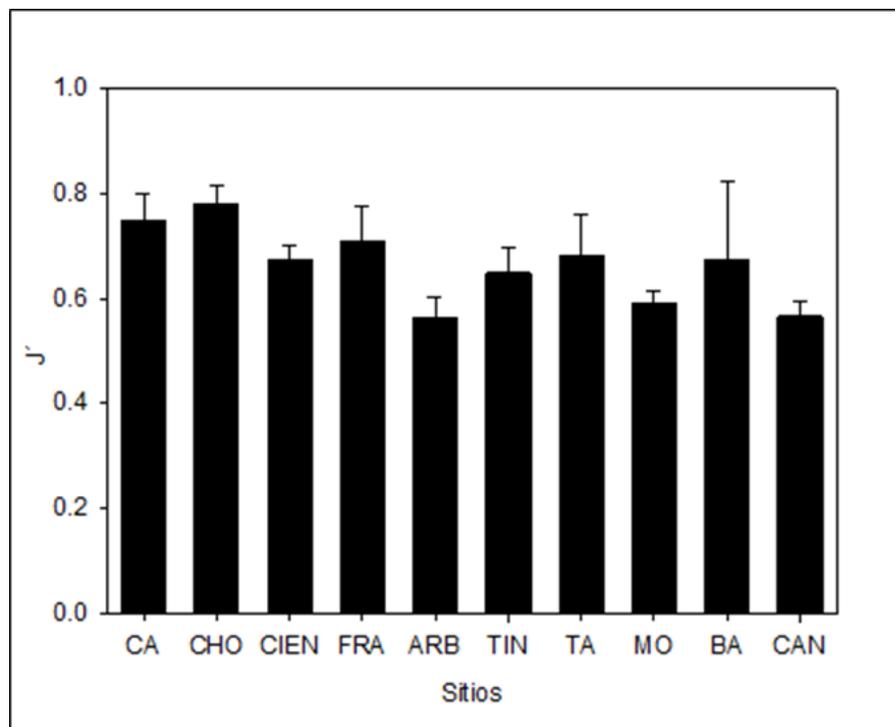
**Figura 2.** Abundancia de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

Los mayores valores de riqueza de especies de peces con base en la mediana, fueron observados en las localidades de Las Tachuelas ( $21.5 \pm 23$  sp/censo) y Las Casitas ( $18.5 \pm 20$  sp/censo), los valores menores de riqueza quedaron representados en Los Arbolitos ( $13.5 \pm 15$ ) y las Tinajitas ( $14.5 \pm 16$  sp/censo). Nuevamente, la prueba por rangos de Kruskal Wallis para la riqueza de especies de peces no mostró diferencias estadísticas significativas entre los arrecifes ( $H_9=13.208$ ;  $p=0.153$ ).



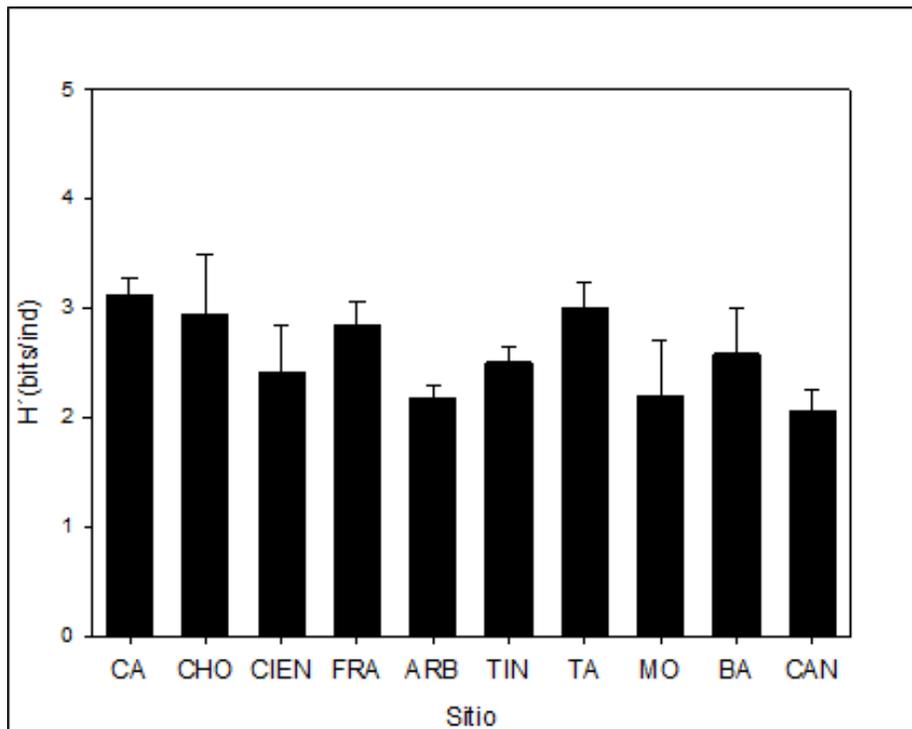
**Figura 3.** Riqueza de especies de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

Para el caso de la equidad, los mayores valores registrados fueron en los arrecifes de Los Chopitos  $0.78 \pm 0.80$  y en Las Casitas  $0.74 \pm 0.78$ , los menores valores fueron observados en Los Arbolitos y El Cantil con  $0.56 \pm 0.58$  respectivamente. En esta caso la prueba de rangos Kruskal Wallis si reflejó diferencias estadísticas significativas ( $H_9=30.263$ ;  $p \leq 0.001$ ), la prueba a posteriori de Dunn's mostró que el origen de las diferencias se atribuye a los valores de equidad extremos representados en las localidades de Los Chopitos, Las Casitas, Los Arbolitos y El Cantil.



**Figura 4.** Equidad de especies de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

La mayor diversidad de especies de peces con base en el índice de Shannon ( $H'$ ) fue observada en los arrecifes de Las Casitas  $3.114 \pm 3.25$  bits/ind y Los Chopitos  $2.94 \pm 3.37$  bits/ind, la menor diversidad fue registrada en El Cantil  $2.05 \pm 2.27$  bits/ind y Los Arbolitos  $2.17 \pm 2.27$  bits/ind. El análisis por rangos de Kruskal Wallis mostró que existen diferencias estadísticas significativas en la composición específica entre las localidades ( $H_9= 34.494$ ;  $p \leq 0.001$ ); la prueba *a posteriori* de Dunn's atribuyó las diferencias a la composición observada en las localidades de El Cantil, Las Casitas y Los Chopitos las cuales reflejan los valores extremos de diversidad encontrados durante el periodo de estudio.



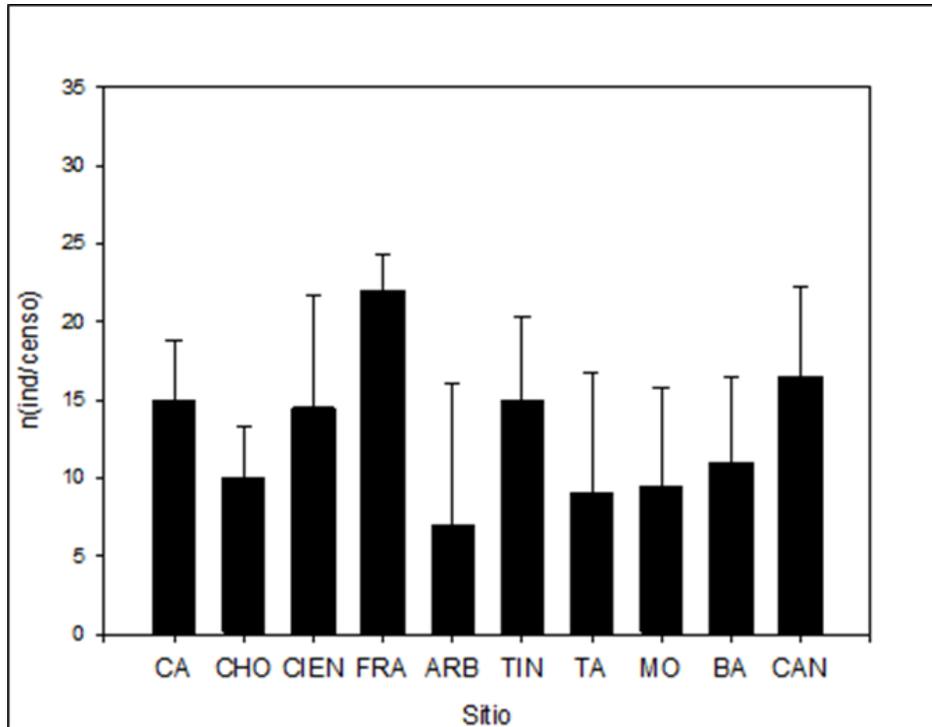
**Figura 5.** Diversidad de especies de peces en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

## Invertebrados

Según la caracterización, la comunidad de invertebrados bentónicos dentro del Parque Nacional Cabo Pulmo se encontró representada por 20 especies pertenecientes a 20 géneros, 16 familias, 13 órdenes, 6 Clases y 3 Phyla.

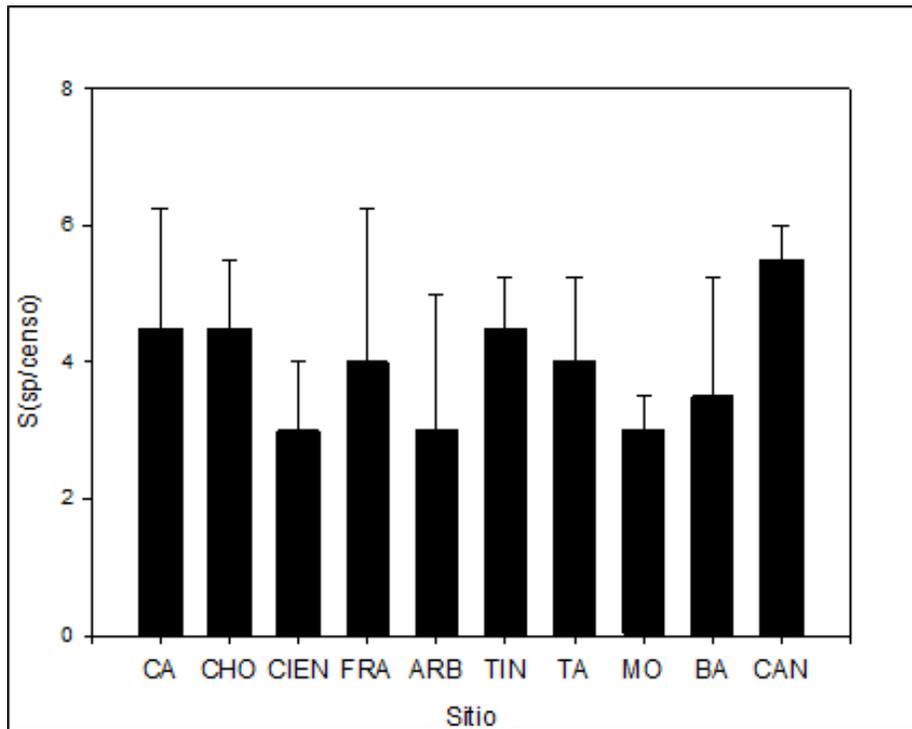
Las especies más abundantes de invertebrados fueron *Hexaples princeps*, *Eucidaris thouarsi*, *Phataria unifascialis*, *Pincatada mazatlanica*, *Pharia pyramidata*, *Hytotisa hyotis*, *Diadema mexicanum*.

La distribución de las abundancias de invertebrados entre las localidades mostró que la mayor concentración de organismos se encuentra en los arrecifes de Los Frailes  $22 \pm 24$  ind/censo y el Cantil  $16.5 \pm 19$  ind/censo, las menores abundancias se registraron en Los Arbolitos  $7 \pm 16$  ind/censo y Las Tachuelas  $9 \pm 13$  ind/censo. La prueba de rangos Kruskal Wallis no reflejó diferencias estadísticas significativas entre los sitios ( $H_9=12.023$ ;  $p=0.212$ ).



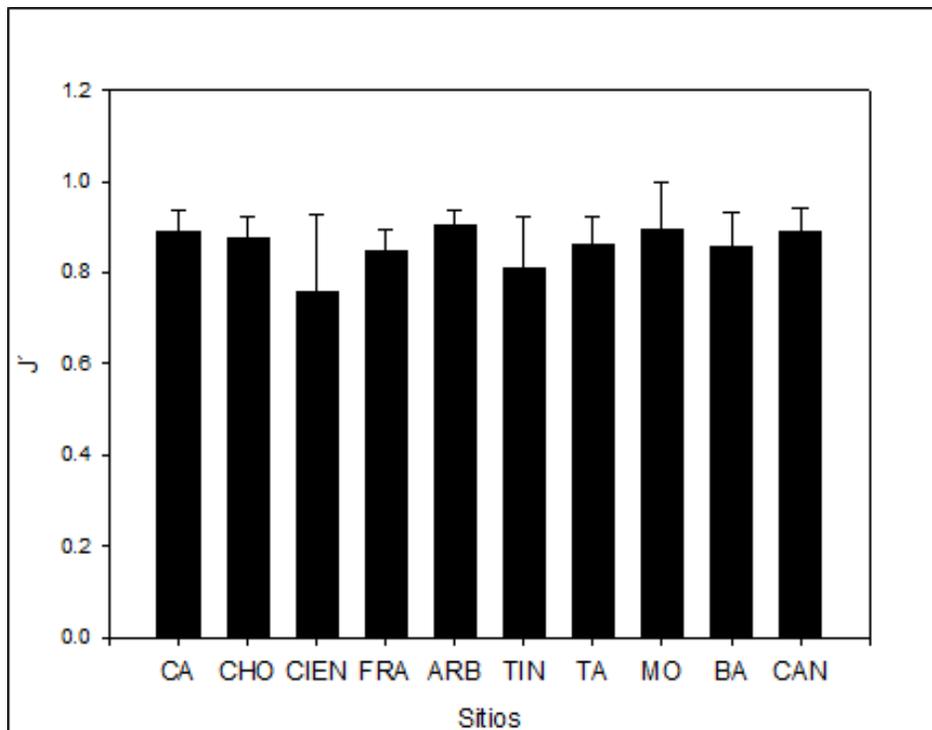
**Figura 6.** Abundancia de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación. Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

En cuanto a la riqueza de especies de invertebrados esta mostró ser mayor en los sitios de El Cantil  $5.5 \pm 6$  sp/censo y Las Casitas  $4.5 \pm 6$  sp/censo, Los Chopitos  $4.5 \pm 5$  sp/censo y Tinajitas  $4.5 \pm 5$  sp/censo, las localidades con menor riqueza específica fueron El Cien  $3 \pm 4$  sp/censo, Los Arbolitos  $3 \pm 5$  sp/censo y Los Morros  $3 \pm 3$  sp/censo. El análisis de rangos Kruskal Wallis no mostró diferencias estadísticas significativas entre las localidades ( $H_9=7.742$ ,  $p=0.560$ ).



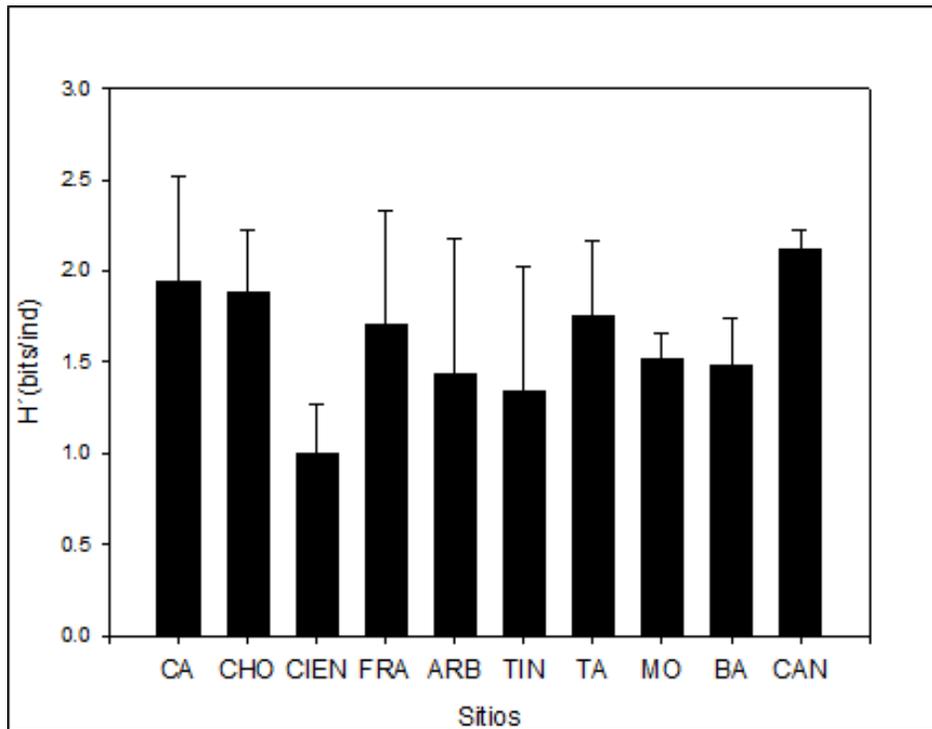
**Figura 7.** Riqueza de especies de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

La distribución de la equidad entre las localidades de estudio mostró a los arrecifes de Los Arbolitos  $0.904 \pm 0.928$  y Los Morros  $0.895 \pm 1$  como los distribuidos de manera más uniforme, los valores menores de equidad quedaron representados en los arrecifes El Cien  $0.757 \pm 0.9$  y Las Tinajitas  $0.812 \pm 0.91$ . De igual manera que para los atributos ecológicos anteriores, el análisis por rangos Kruskal Wallis no reflejó diferencias estadísticas significativas entre las localidades ( $H_9=5.449$ ;  $p=0.794$ ).



**Figura 8.** Equidad de especies de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

La diversidad de invertebrados observada indica que los sitios más diversos fueron El Cantil  $2.11 \pm 2.22$  bit/ind y Las Casitas  $1.94 \pm 2.51$  bits/ind, las localidades con menores valores de diversidad se encontraron representadas por El Cien  $1.00 \pm 1.19$  bits/ind y Las Tinajitas  $1.34 \pm 1.91$  bits/ind. El análisis por rangos Kruskal Wallis tampoco reflejó diferencias estadísticas significativas para la diversidad entre las localidades ( $H_9= 9.834$ ;  $p=0.364$ ).

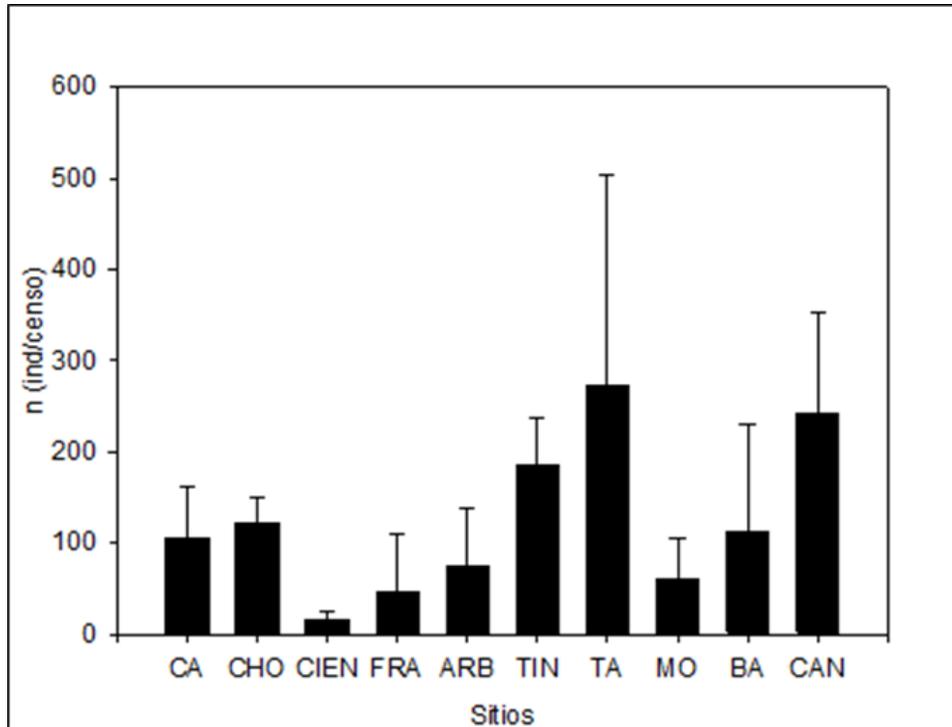


**Figura 9.** Diversidad de especies de invertebrados bentónicos en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

## Corales

La estructura comunitaria de corales escleractinios en las 10 localidades de estudio se encontró conformada por 9 especies, 4 géneros, 4 familias, 1 orden y 1 clase. Las especies más abundantes fueron *Pocillopora verrucosa*, *Pocillopora meandrina*, *Porites panamensis* y *Pavona gigantea*.

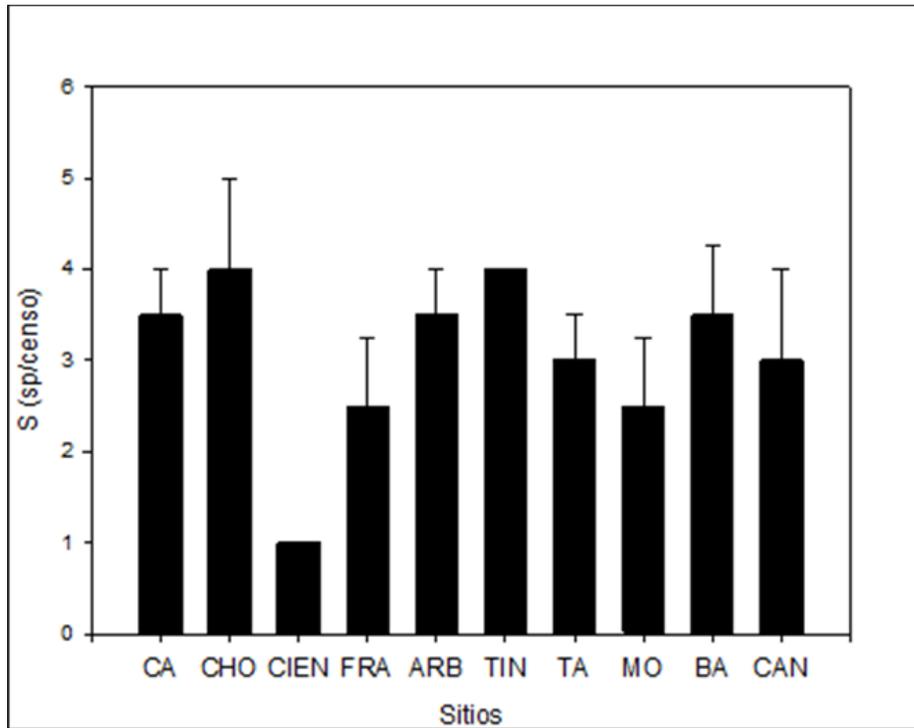
Los patrones de abundancia de corales con base en los valores de las medianas, reflejaron las mayores concentraciones de individuos en las localidades de Las Tachuelas  $272 \pm 488$  ind/censo y El Cantil  $242.2 \pm 338$  ind/censo, mientras que las menores concentraciones de organismos fueron observadas en las localidades del Cien  $16 \pm 24$  ind/censo y Los Frailes  $46.5 \pm 103$  ind/censo. El análisis por rangos Kruskal Wallis, mostró diferencias estadísticas significativas entre los sitios ( $H_9=38.175$ ;  $p \leq 0.001$ ); la prueba *a posteriori* de Tukey corroboró el resultado y mostró a la localidad El Cien como la diferente del resto de las localidades.



**Figura 10.** Abundancia de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

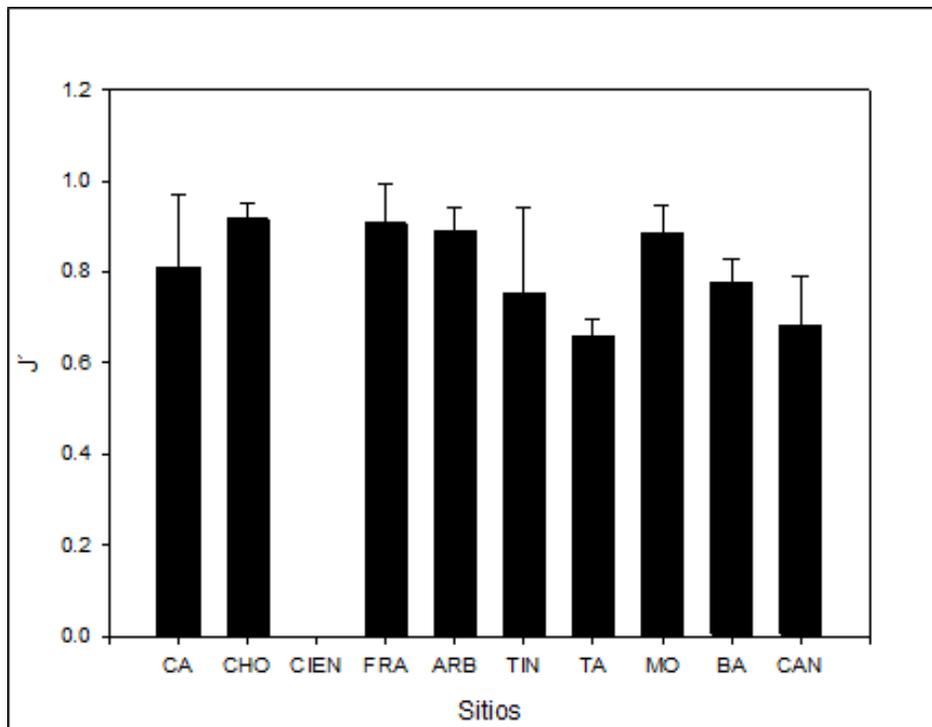
La riqueza específica de corales se vio representada en mayor grado en Las Tinajitas  $4 \pm 4$  spp/censo, Las Casitas, Los Arbolitos y El Bajo  $3.5 \pm 4$  spp/censo respectivamente y los menores valores de riqueza de especie fueron observados en el Cien  $1 \pm 1$  spp/censo, Los Frailes y Los Morros  $2.5 \pm 3$  spp/censo. El análisis de rangos Kruskal Wallis mostró diferencias estadísticas significativas entre las localidades ( $H_9=25.820$ ;  $p=0.002$ ); el análisis *a posteriori* de Tukey nuevamente

reflejó al Cien como el arrecife con los patrones de riqueza específica más diferente del resto.



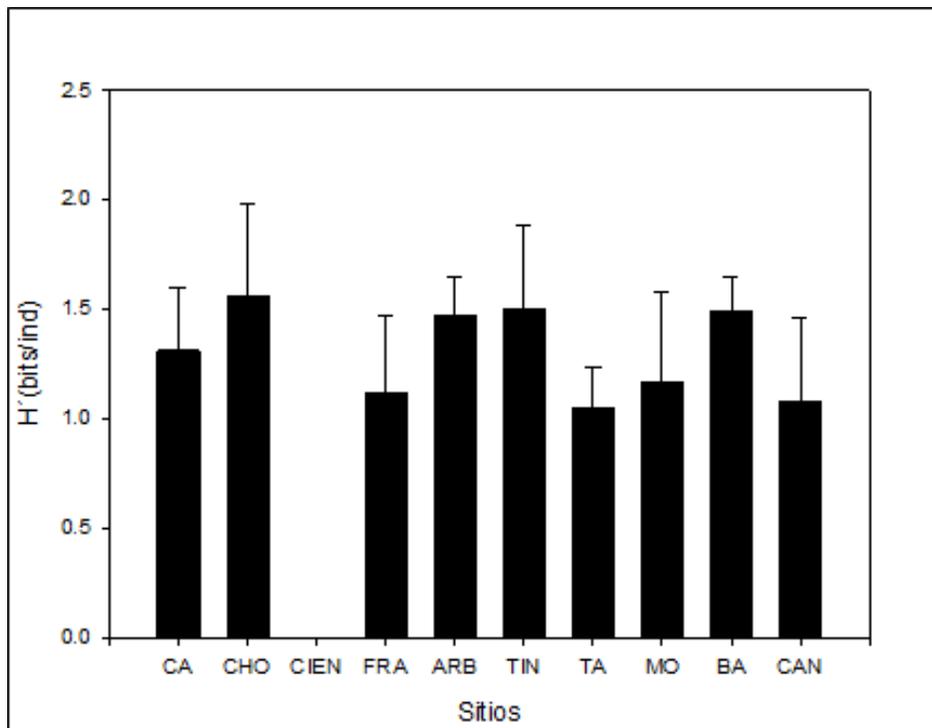
**Figura 11.** Riqueza de especies de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

La equidad de corales se encontró representada de manera más homogénea en las localidades de los Frailes  $0.90 \pm 0.99$  y Los Arbolitos  $0.89 \pm 0.93$ , los arrecifes que presentaron los valores menores de equidad fueron el Cien  $0 \pm 0$ , ya que en este arrecife solo se encontró una especie de coral y Las Tachuelas  $0.65 \pm 0.68$ . La prueba no paramétrica por rangos de Kruskal Wallis mostró diferencias significativas entre las localidades ( $H_9=25.654$ ;  $p=0.002$ ); el análisis *a posteriori* de Tukey confirmó lo anterior y nuevamente separó al arrecife del Cien como la localidad con los patrones de equidad más diferentes del resto.



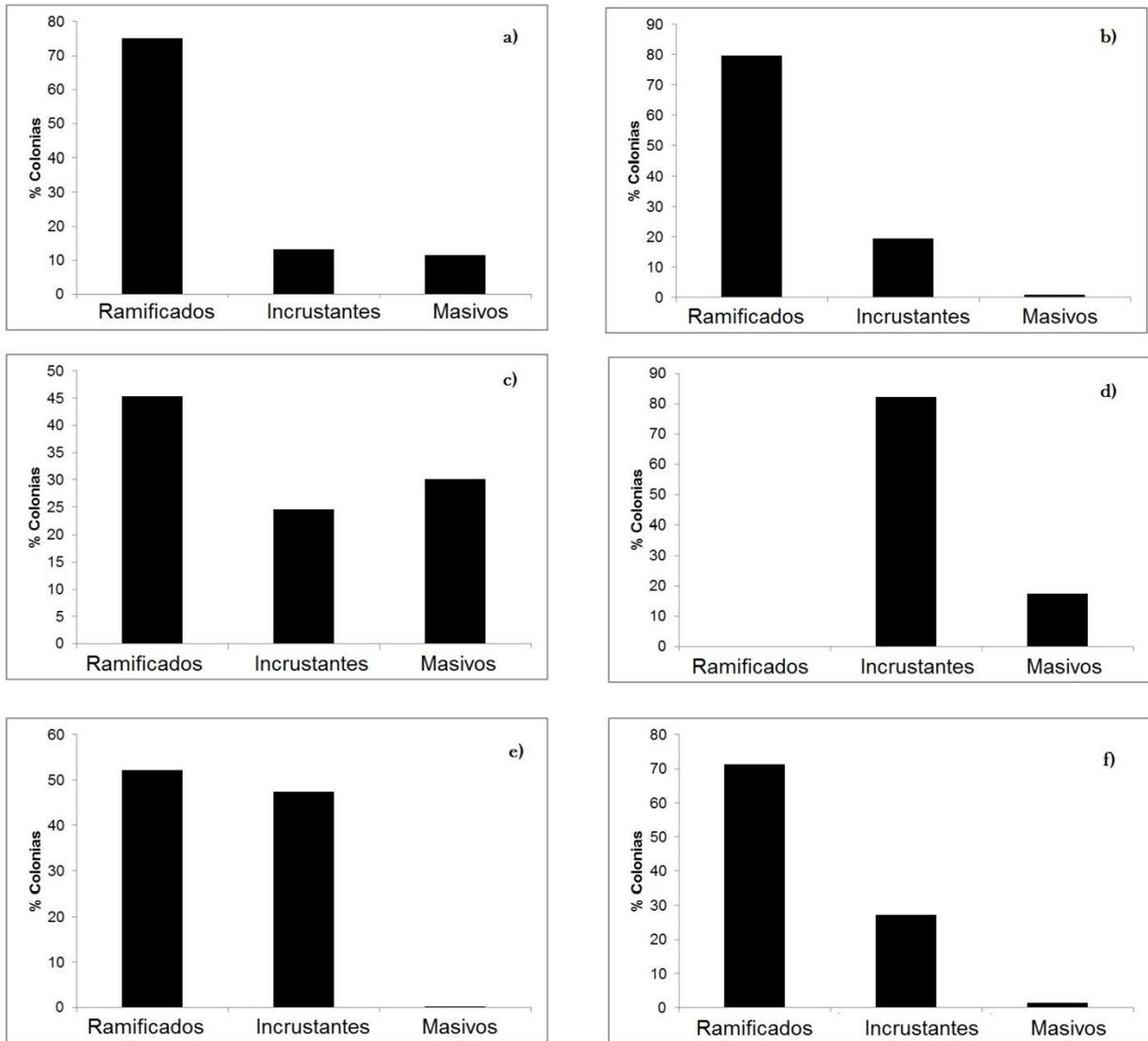
**Figura 12.** Equidad de especies de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), Los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

La diversidad de especies de corales fue mayor en las localidades de Los Chopitos  $1.57 \pm 1.83$  bit/ind y Los Arbolitos  $1.49 \pm 1.62$  bits/ind, mientras que los menores valores de diversidad se presentaron en los arrecifes El Cien  $0 \pm 0$ , en el cual sólo se encontró una especie de coral y Las Tachuelas  $1.01 \pm 1.09$  bits/ind. El análisis Kruskal-Wallis reflejó diferencias estadísticas significativas entre los patrones de diversidad de las localidades ( $H_9=24.286$ ;  $p=0.004$ ), la prueba *a posteriori* de Tukey mostró a la localidad del Cien como la diferente del resto.



**Figura 13.** Diversidad de especies de corales en las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo. El Cantil (CA), Los Chopitos (CHO), El Cien (CIEN), los Frailes (FRA), Los Arbolitos (ARB), Las Tinajitas (TIN), Las Tachuelas (TA), Los Morros (MO), El Bajo (BA), El Cantil (CA). Donde se representa a la mediana e intervalo de variación.

Fragilidad por sitio en función al porcentaje de formas ramificadas de coral



**Figura 14.** a) Porcentaje de corales por tipo de forma en: a) todo el PNCP; b) Las Casitas, c) Los Chopitos; d) El Cien; e) Los Frailes; f) Los Arbolitos.

La tendencia general por tipo de forma de los corales observada para los 10 sitios evaluados, como se muestra en la Figura 14 a, fue en su mayoría del tipo ramificado (75.21 %), en segundo y tercer lugar las formas incrustantes (13.18 %) y masivas (11.59 %), respectivamente.

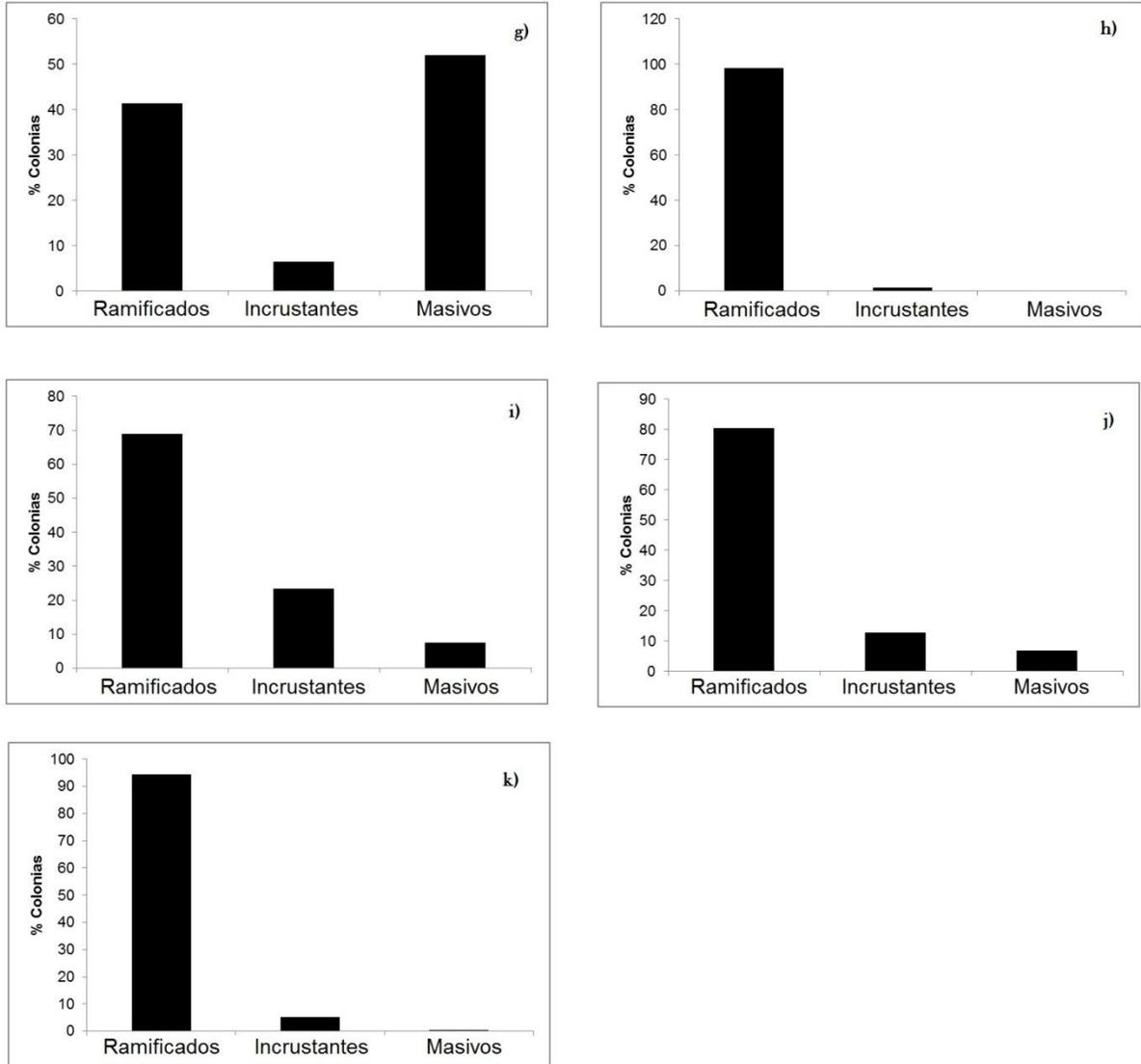
En el arrecife Las Caitas (Fig. 14 b) el tipo de forma de coral que predominó fueron los ramificados (79.68 %), en segundo lugar las formas incrustantes (24.52 %) y en tercer lugar las formas masivas con solo un 0.96 % del total.

Para el caso del arrecife Los Chopitos (Fig. 14 c) el tipo de formas se encontró representado en su mayoría por los ramificados con 45.39 %, seguidos por los de tipo masivo con 30.08 % y en último plano a los incrustantes con un 24.52 %.

La localidad de El Cien (Fig. 14 d) presentó patrones de formas totalmente diferentes al resto de los arrecifes ya que no se encontró ninguna forma del tipo ramificada estando constituido en su gran mayoría por corales del tipo incrustante (82.41 %), y en segundo plano se ubican las formas masivas (17.58 %).

En el arrecife Los Frailes (Fig. 14 e) el tipo de forma de coral que predominó fueron los ramificados con un 52.27%, en segundo lugar correspondió a las formas incrustantes con 47.47 % y las formas masivas quedaron representadas por tan solo un 0.25 % del total.

En la localidad de Los Arbolitos (Fig.14 f) el tipo de forma más representado fue el de tipo ramificado con 71.37 %, seguido por los de tipo incrustante con 27.30 % y en último plano a los incrustantes con un 1.31 %.



**Figura 15.** Porcentaje de corales por tipo de forma en: g) Las Tinajitas; h) Las Tachuelas; i) Los Morros; j) El Bajo; k) El Cantil.

Para el caso de Las Tinajitas (Fig. 15 g) el tipo de forma masivo fue el más representado (52.03%), seguido por los de tipo ramificado (41.44%) y en tercer lugar a los de tipo incrustantes (6.52%).

En el arrecife de Las Tachuelas (Fig. 15 h) la gran mayoría de corales se encontraron representados por las formas ramificadas (98.45 %), y las formas incrustantes y masivas quedaron representadas con sólo 1.43 % y 0.10 %.

La localidad de Los Morros (Fig. 15 i) el porcentaje de formas encontrado fue en su mayoría del tipo ramificado con un 69.06 %, en segundo plano se observaron a las formas incrustantes con 23.46 % y de último a los incrustantes con un 7.46 %.

El sitio El Bajo (Fig. 15 j) los porcentajes de formas se encontraron representados en primer lugar por los de tipo ramificadas (80.53%), después se encontraron los incrustantes (12.76%) y de último los de tipo masivos (6.70%).

La localidad del El Cantil (Fig. 15 k) fue dominada por las formas de tipo ramificadas las cuales mostraron un 94.36% del total, mientras que los de tipo incrustante en segundo lugar con el 5.24% y en tercer lugar a los masivos con tan solo el 0.33%.

### Estimación del daño por buceo:

En el periodo de enero a diciembre de 2011 se realizaron un total de 136 seguimientos de buceo, durante los cuales se registraron 213 impactos realizados por los turistas sobre el arrecife (Tabla I). El arrecife donde se registró el mayor porcentaje de impactos fue El Bajo (32.86 %) y los sitios con el menor porcentaje de impacto fueron Barra 100 y El Rincón (0%).

**Tabla I.** Seguimientos a turistas que realizaron actividades de buceo y snorkel durante el periodo de enero a febrero de 2011.

<b>Sitios</b>	<b>Número de seguimientos turistas</b>	<b>Número de contactos</b>	<b>Porcentaje de seguimientos (%)</b>	<b>Porcentaje de contactos (%)</b>	<b>Contacto/ turistas / 10 min</b>
<i>Barco</i>	4	9	2.94	4.22	2.25
<i>Barra 100</i>	8	0	5.88	0	0
<i>Bajo</i>	62	70	45.58	32.86	1.12
<i>cantil</i>	12	14	8.82	6.57	1.16
<i>Islote</i>	5	1	3.67	0.46	0.2
<i>Rincón</i>	4	0	2.94	0	0
<i>Esperanza</i>	10	63	7.35	29.57	6.3
<i>Chopitos</i>	4	26	2.94	12.20	6.5
<i>Morros</i>	27	30	19.85	14.08	1.11

Un análisis de los contactos registrados y el medio por el cual fueron realizados dichos impactos (Tabla II), mostró que las aletas son el principal objeto con el que se impactó al arrecife, quedando representadas en un 49.29 %; en segundo lugar tenemos las manos con un 23.35 % y en tercer lugar las rodillas con el 10.32%.

**Tabla II.** Medio de contacto con el que se realizó el impacto durante los seguimientos de buceo.

<b>Medio de contacto</b>	<b>Número de contactos</b>	<b>Porcentaje de contactos (%)</b>
<i><b>Aleta</b></i>	105	49.29
<i><b>Burbujas</b></i>	2	0.93
<i><b>Cámara</b></i>	9	4.22
<i><b>Consola</b></i>	6	2.81
<i><b>Cuerpo completo</b></i>	8	3.75
<i><b>Mano</b></i>	54	25.35
<i><b>Octopus</b></i>	7	3.28
<i><b>Rodillas</b></i>	22	10.32

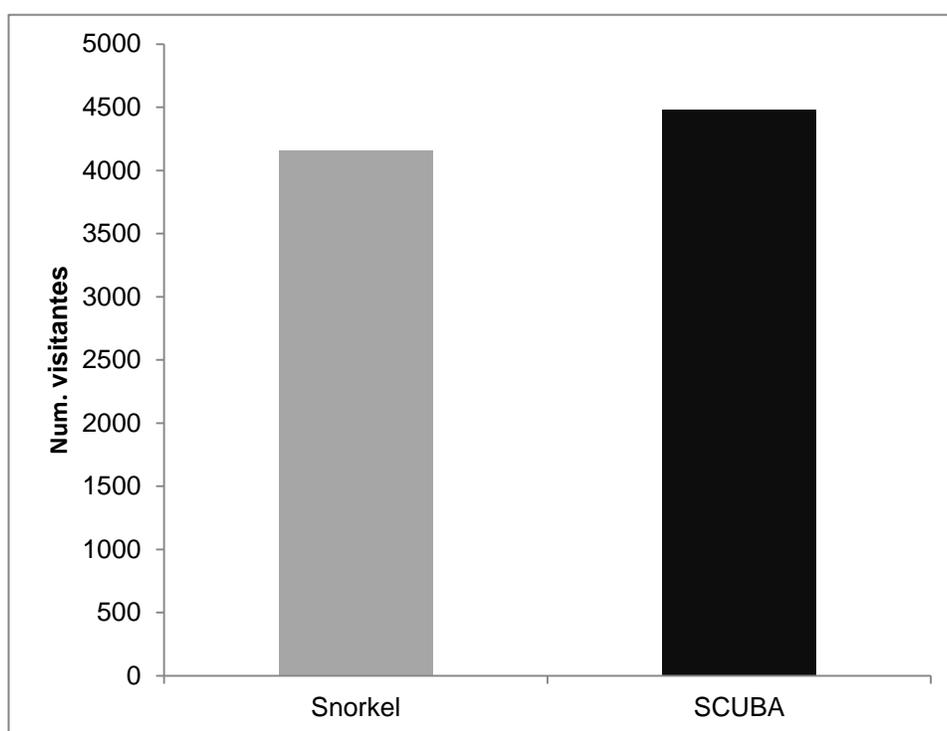
También se cuantificó el porcentaje de daño directo sobre los componentes arrecifales (Tabla III), siendo los corales los más impactados por el turismo, ya que el mayor porcentaje de contactos fueron realizados sobre este grupo (28.16%); en segundo lugar tenemos a la resuspensión de sedimento a consecuencia del aleteo (25.35%).

**Tabla III.** Estructuras arrecifales dañadas por los impactos del turismo.

<b>Estructura dañada</b>	<b>Número de contactos</b>	<b>Porcentaje de contactos (%)</b>
<i>Coral</i>	60	28.16
<i>Esponja</i>	5	2.34
<i>Estructura barco</i>	6	2.81
<i>Gorgonia</i>	20	9.38
<i>Incado fondo</i>	10	4.69
<i>Peces</i>	13	6.10
<i>Mantarraya</i>	1	0.46
<i>Parado sobre arrecife</i>	4	1.87
<b>Re suspensión sedimentos</b>	54	25.35
<b>Roca</b>	40	18.77

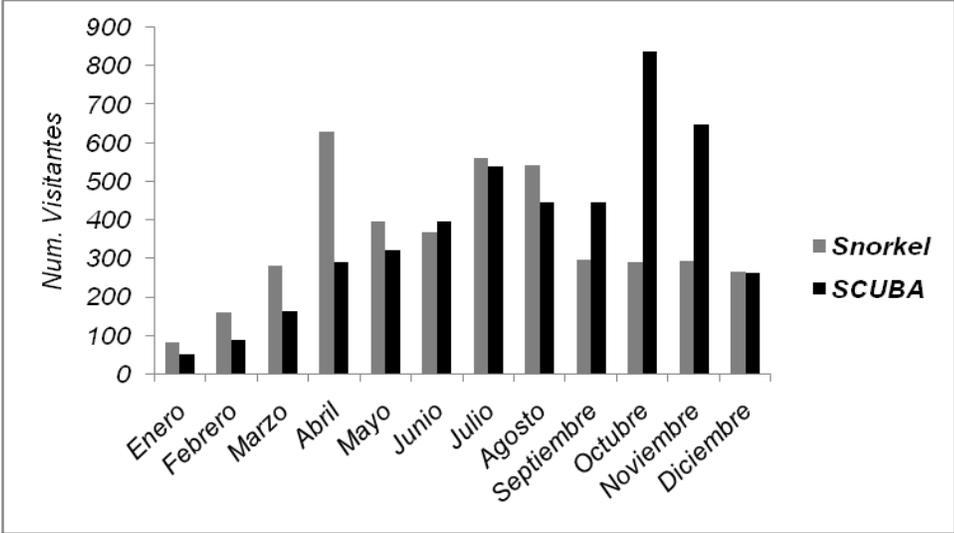
### Historial de visitantes:

Los resultados del análisis de la afluencia turística durante 2011 al PNCP reflejaron un total de 8,638 visitantes, quienes realizaron actividades de buceo SCUBA o snorkel. Estableciendo una división por actividad, encontramos que 4,482 realizaron buceo SCUBA y 4,156 snorkel.



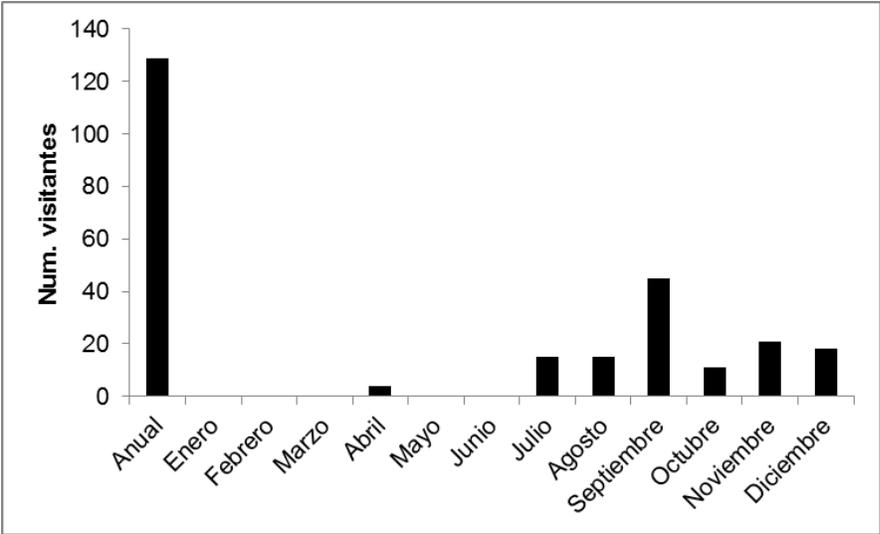
**Figura 16.** Número de visitantes que realizaron actividades de buceo SCUBA y snorkel dentro del PNCP.

Los picos máximos del turismo observado difirieron según la actividad, siendo para el buceo SCUBA los meses de octubre (838 buzos) y noviembre (647 buzos) y para el snorkel los meses de abril (629 snorkelistas) y julio (562 snorkelistas).



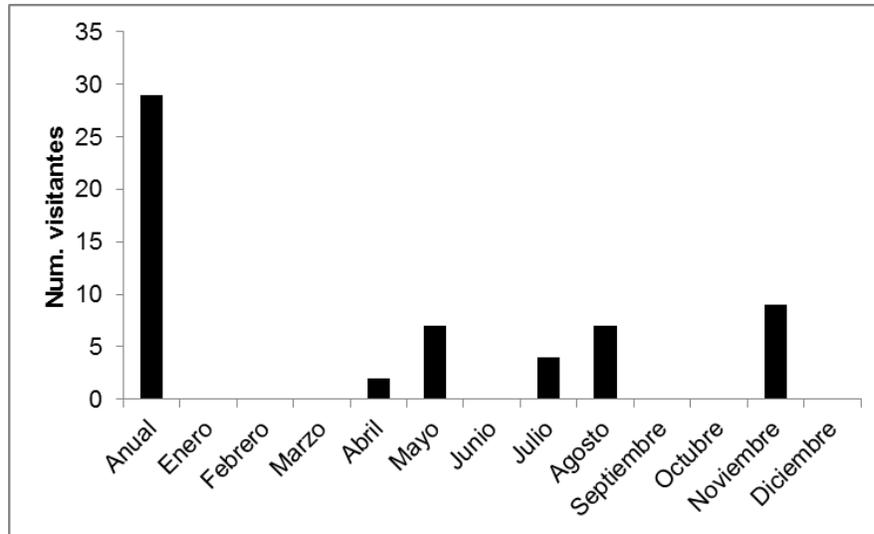
**Figura 17.** Fluctuación anual del turismo en el PNCP.

Para el sitio Las Casitas la afluencia turística total fue de 129 visitantes quienes desarrollaron sólo buceo SCUBA, durante el mes de septiembre (45 buzos) se presentó la máxima afluencia turística.



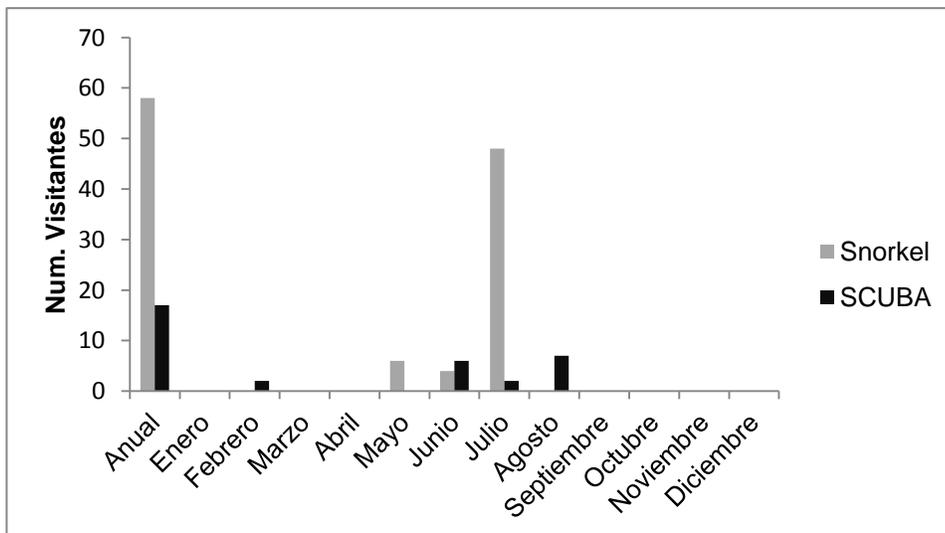
**Figura 18.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Las Casitas.

Para el sitio Las Tachuelas la afluencia turística total fue de 29 visitantes y el mes con mayor número de visitantes fue noviembre (9 buzos) de igual manera en esta localidad solo se realizaron actividades de buceo SCUBA.



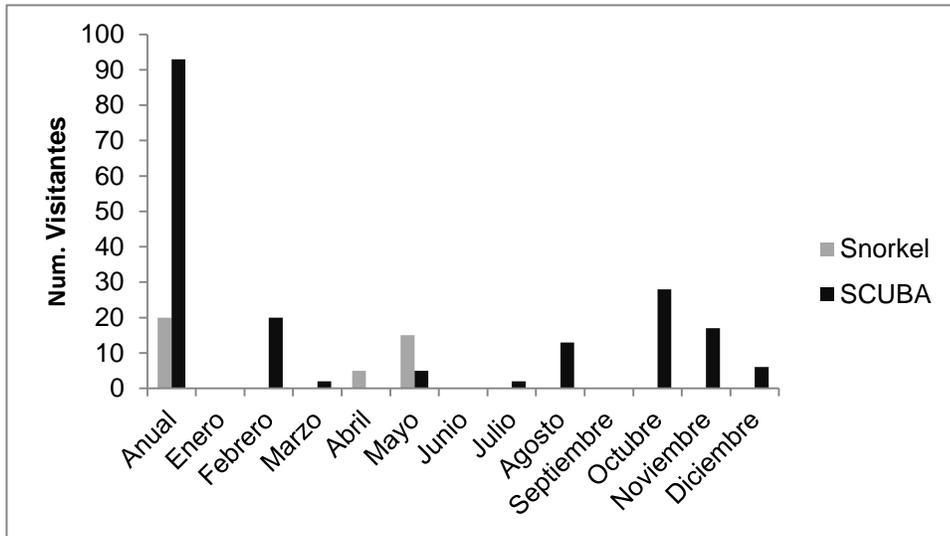
**Figura 19.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Las Tachuelas.

El arrecife Los Arbolitos albergó un total de 75 visitantes durante el periodo de estudio (58 snorkelistas y 17 buzos), el pico turístico por actividad fue en julio para el snorkel (48 visitantes) y agosto para el buceo (7 buzos).



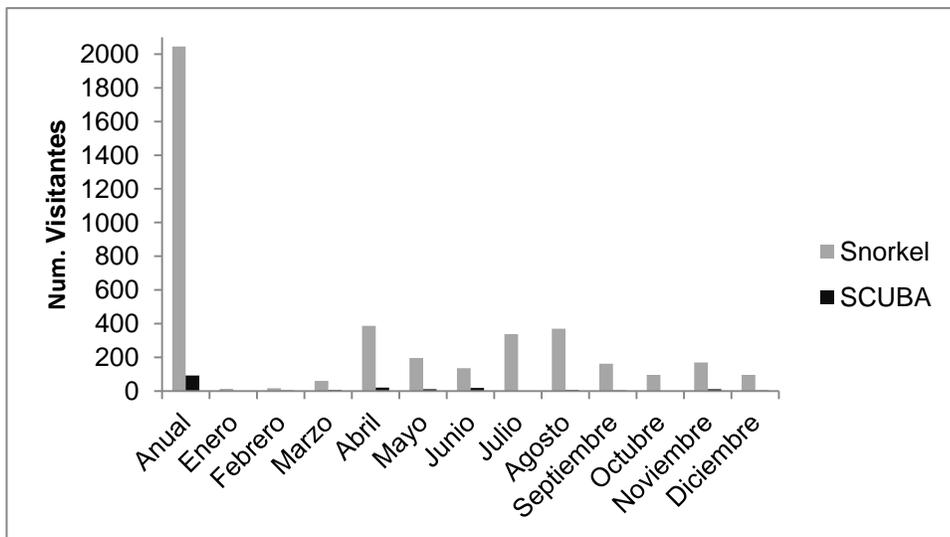
**Figura 20.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Arbolitos.

La localidad de los Frailes tuvo un total de 113 visitantes (20 snorkelistas y 93 buzos), el pico turístico por actividad fue para el snorkel, mayo (15 visitantes) y para el buceo octubre (28 buzos).



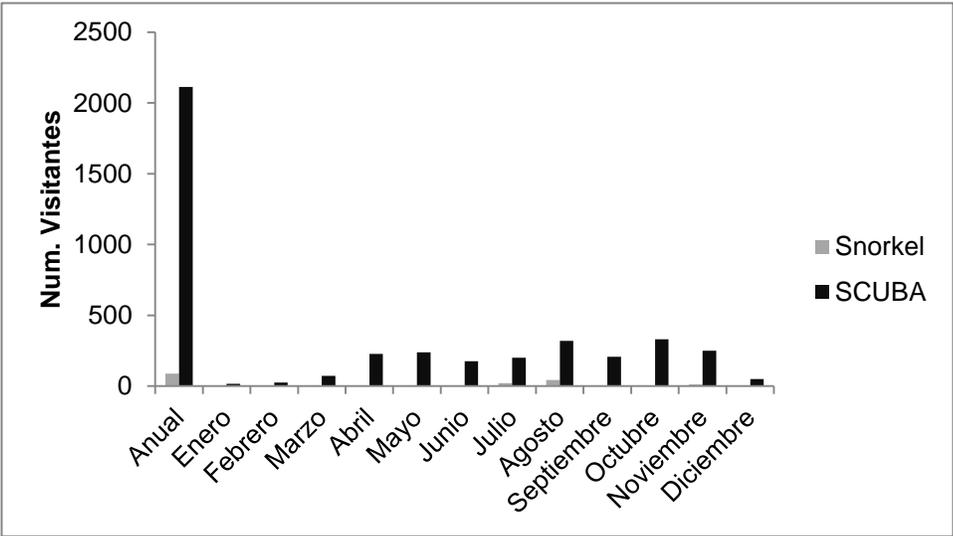
**Figura 21.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Frailes.

Para el sitio los Chopitos la afluencia turística total fue de 2,136 visitantes y el mes con mayor número de visitantes, tanto para snorkel como para buceo SCUBA, fue abril (387 snorkelistas y 21 buzos).



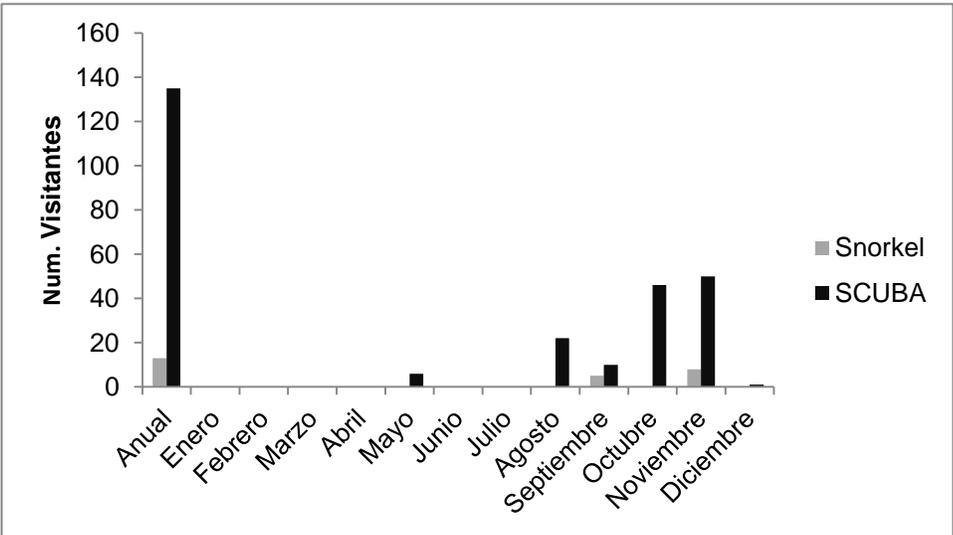
**Figura 22.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Chopitos.

El Bajo fue el arrecife que concentró un total de (2,201 turistas) y la mayor afluencia de visitas se presentó durante el mes de octubre (330 buzos). Por su parte, la actividad de snorkel fue realizada con mucho menor intensidad, teniendo su mayor visitación durante agosto (44 snorkelistas).



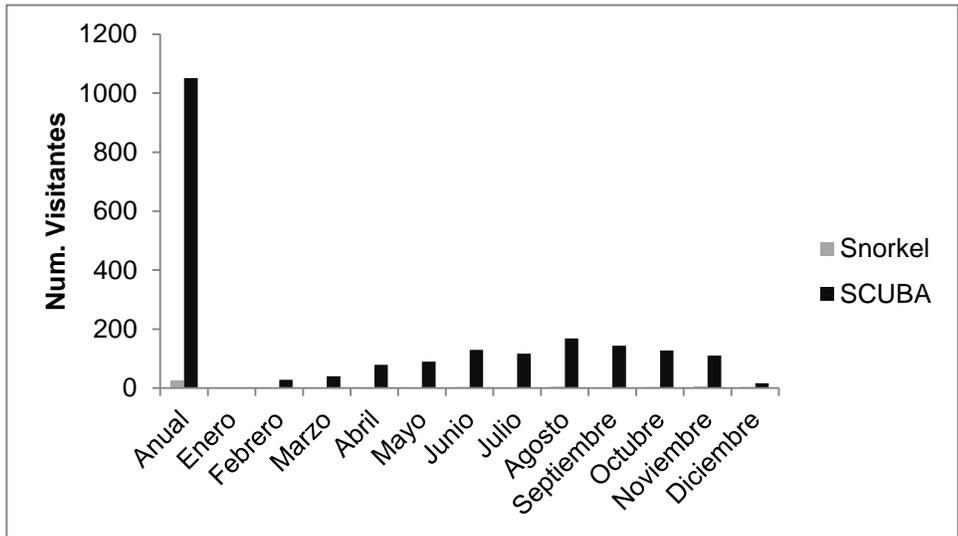
**Figura 23.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de El Bajo.

La localidad de Barra 100 tuvo un total de 148 visitantes, el pico turístico por actividad fue en ambos casos durante noviembre (8 snorkelistas y 50 buzos de SCUBA).



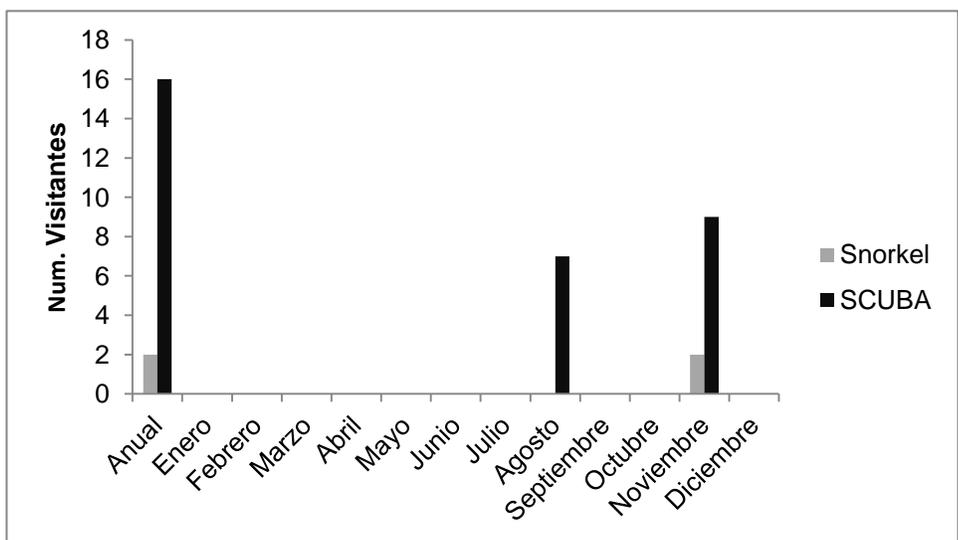
**Figura 24.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Barra 100.

Para el sitio El Cantil la afluencia turística total fue de 1,077 visitantes y el pico turístico se detectó durante el mes de agosto (168 buzos), mientras que la actividad de snorkel fue realizada con mucho menor intensidad, teniendo su mayor visitación durante noviembre (6 snorkelistas).



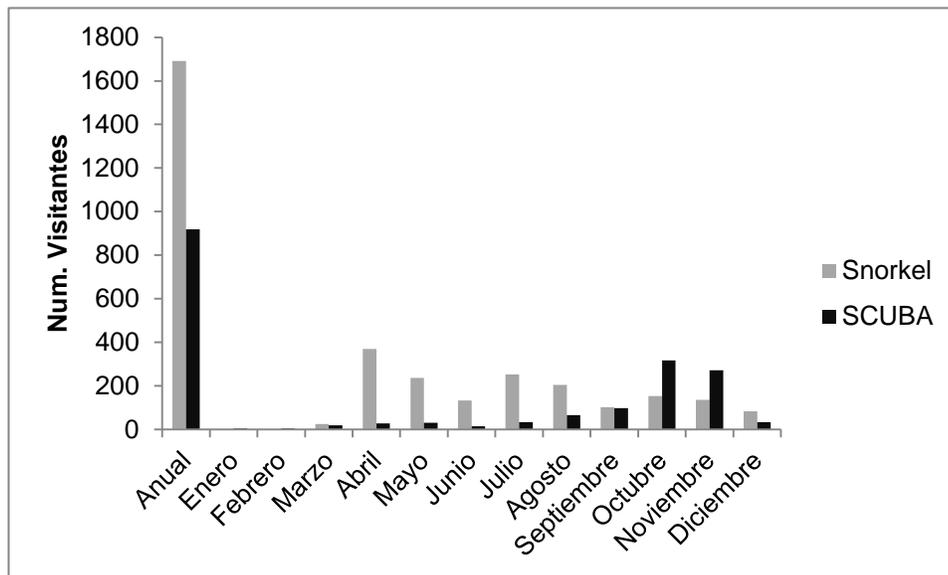
**Figura 25.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de El Cantil.

Para el sitio Las Tinajitas el total de turistas fue de 18 y el mes con mayor número de visitantes tanto para snorkel como para buceo SCUBA fue noviembre con 2 snorkelistas y 9 buzos SCUBA, respectivamente.



**Figura 26.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Las Tinajitas.

El arrecife Los Morros albergó el mayor número de turistas durante 2011, 2,611 visitantes durante el periodo de estudio del los cuales 1,692 fueron snorkelistas y 919 buzos SCUBA. El pico turístico por actividad fue, para el snorkel abril (369 visitantes) y para el buceo SCUBA octubre (317 buzos).



**Figura 27.** Fluctuación anual del turismo en la localidad de Los Morros.

Longitud de los senderos de buceo por localidad

Con la finalidad de conocer la distancia lineal existente en cada sendero de buceo en todas las localidades de estudio, se obtuvieron las coordenadas de inicio y fin de cada lugar con un GPS, y a partir de ellas se realizó el cálculo de la longitud máxima en metros (Tabla IV).

**Tabla IV.** Georeferencia, longitud máxima y profundidad mínima y máxima de los sitios de buceo SCUBA y snorkel del Parque Nacional Cabo Pulmo.

<b>Sitio</b>	<b>Latitud (N)</b>	<b>Longitud (O)</b>	<b>Longitud máxima (m)</b>	<b>Profundidad (m)</b>
<i>Las Casitas</i>	23.4013	-109.4161	597	2.3 - 9.7
<i>Los Chopitos</i>	23.4057	-109.4246	792	2.1 - 6.6
<i>El Cien</i>	23.4148	-109.4079	901	24.4 - 30.5
<i>Los Frailes</i>	23.3813	-109.4172	638	4 - 30.6
<i>Los Arbolitos</i>	23.4194	-109.429	536	4.5 - 6.3
<i>Las Tinajitas</i>	23.4244	-109.43	89	2.3 - 9.7
<i>Las Tachuelas</i>	23.4927	-109.4597	2669	2.3 - 9.7
<i>Los Morros</i>	23.4616	-109.4082	631	12.5 - 18.2
<i>El Bajo</i>	23.4577	-109.406	1124	11.1 - 18.6
<i>El Cantil</i>	23.4392	-109.4123	1438	5.9 - 15.5

### Capacidad de Carga para sitios de buceo SCUBA diurno

En la Tabla V se muestra la CCT diurna calculada para cada uno de los sitios de buceo del PNCP, donde se presentan los valores de Capacidad Carga Física (CCF), factores de corrección, Capacidad de carga real (CCR), Capacidad de Manejo (CM) y Capacidad de Carga Efectiva (CCE). El sitio que presentó el mayor valor de CCE es El Cien con 247 buceos/día y el que menor CCE presenta es Las Tachuelas con 6.5 buceos/día. Con los resultados obtenidos a partir de este análisis, el número máximo de buceos por día que se pueden llevar a cabo en el PNCP es de **497** buceos SCUBA/día.

**Tabla V.** Cálculo de la capacidad de carga diaria de buceo SCUBA diurno para las localidades de estudio del parque Nacional Cabo Pulmo.

<b>Sitio</b>	<b>CCF</b>	<b>FCs</b>	<b>FCfg</b>	<b>FCda</b>	<b>FCmt</b>	<b>CCR</b>	<b>CM</b>	<b>CCE</b>
<i>Las Casitas</i>	1293.5	0.29	0.20	0.57	0.90	40.59	0.47	<b>19</b>
<i>Los Chopitos</i>	1716	0.29	0.54	0.57	0.90	144.7	0.47	<b>68</b>
<i>El Cien</i>	1952.17	0.29	-	1	0.90	522.03	0.47	<b>247</b>
<i>Los Frailes</i>	1382.33	0.29	0.47	0.57	0.90	101.88	0.47	<b>48</b>
<i>Los Arbolitos</i>	1161.33	0.29	0.28	0.57	0.90	51.33	0.47	<b>24</b>
<i>Las Tinajitas</i>	192.83	0.29	0.58	0.57	0.90	17.48	0.47	<b>8</b>
<i>Las Tachuelas</i>	5782.83	0.29	0.01	0.57	0.90	13.77	0.47	<b>6</b>
<i>Los Morros</i>	1367.17	0.29	0.30	0.56	0.90	64.09	0.47	<b>30</b>
<i>El Bajo</i>	2435.33	0.29	0.19	0.51	0.90	65.2	0.47	<b>30</b>
<i>El Cantil</i>	3115.67	0.29	0.05	0.64	0.90	30.16	0.47	<b>14</b>

De acuerdo con el resultado obtenido en este cálculo, el número máximo de buceos SCUBA al año que se podrían realizar en el PNCP son **164,129** buceos. Por otro lado, la CCE promedio por sitio de buceo que el PNCP puede soportar es de **50** buceos/sitio/día, lo que equivale a **16,401** buceos/sitio/año. No obstante, es importante aclarar que esto es sólo con fines ilustrativos, ya que de acuerdo a nuestros cálculos, hay sitios como Las Tachuelas que debido a su fragilidad, sólo pueden soportar hasta 2,152 buceos al año.

### Capacidad de Carga para Sitios de Buceo SCUBA nocturno

En la Tabla VI se presentan los valores de CCF, factores de corrección, CCE, CM y CCE calculados para los 10 sitios donde se permite el buceo nocturno en el PNCP.

El sitio que presentó el mayor valor de CCE fue El Cien con 37 buceos/día, mientras que Las Tachuelas presentó la menor CCE con 1 buceo/día.

Con los resultados obtenidos a partir de este análisis, el número máximo de buceos nocturnos por día que se pueden llevar a cabo en el PNCP es de **75** buceos/día. El número máximo de buceos nocturnos al año (330 días, considerando los 35 días sin actividad) que se podrían realizar en el PNCP son **24,793**. Sin embargo, dado que se requiere un nivel avanzado en el buceo para llevar a cabo esta actividad, es muy probable que la actividad generalmente este muy por debajo de este valor.

**Tabla VI.** Cálculo de la capacidad de carga de buceo SCUBA nocturno para las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo.

<b>Sitio</b>	<b>CCF</b>	<b>FCs</b>	<b>FCfg</b>	<b>Fcda</b>	<b>FCmt</b>	<b>CCR</b>	<b>CM</b>	<b>CCE</b>
<i>Las Casitas</i>	298.5	0.19	0.20	0.57	0.90	6.13	0.47	<b>3</b>
<i>Los Chopitos</i>	396	0.19	0.54	0.57	0.90	21.85	0.47	<b>10</b>
<i>El Cien</i>	450.5	0.19	-	1	0.90	78.83	0.47	<b>37</b>
<i>Los Frailes</i>	319	0.19	0.47	0.57	0.90	15.38	0.47	<b>7</b>
<i>Los Arbolitos</i>	268	0.19	0.28	0.57	0.90	7.75	0.47	<b>4</b>
<i>Las Tinajitas</i>	44.5	0.19	0.58	0.57	0.90	2.63	0.47	<b>1</b>
<i>Las Tachuelas</i>	1334.5	0.19	0.01	0.57	0.90	2.08	0.47	<b>1</b>
<i>Los Morros</i>	315.5	0.19	0.30	0.56	0.90	9.68	0.47	<b>4</b>
<i>El Bajo</i>	562	0.19	0.19	0.51	0.90	9.85	0.47	<b>5</b>
<i>El Cantil</i>	719	0.19	0.05	0.64	0.90	4.55	0.47	<b>2</b>

### Capacidad de Carga para Sitios de Snorkel Diurno

En la Tabla VII se presentan los resultados correspondientes a la CCE por buceo libre diurno (snorkelling), donde se observa que el valor más alto de CCE corresponde a El Cien con 292.82 buceos/día y el menor valor corresponde a Las Tachuelas con 13.38 buceos/día.

**Tabla VII.** Cálculo de la capacidad de carga diaria de snorkel diurno para las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo.

<b>Sitio</b>	<b>CCF</b>	<b>FCs</b>	<b>FCfg</b>	<b>FCmt</b>	<b>CCR</b>	<b>CM</b>	<b>CCE</b>
<i>Las Casitas</i>	1293.5	0.35	0.20	0.90	83.33	0.47	<b>39</b>
<i>Los Chopitos</i>	1716	0.35	0.54	0.90	297.07	0.47	<b>140</b>
<i>El Cien</i>	1952.17	0.35	0	0.90	618.87	0.47	<b>293</b>
<i>Los Frailes</i>	1382.33	0.35	0.47	0.90	209.16	0.47	<b>99</b>
<i>Los Arbolitos</i>	1161.33	0.35	0.28	0.90	105.39	0.47	<b>50</b>
<i>Las Tinajitas</i>	192.83	0.35	0.58	0.90	35.8	0.47	<b>17</b>
<i>Las Tachuelas</i>	5782.83	0.35	0.01	0.90	28.23	0.47	<b>13</b>
<i>Los Morros</i>	1367.17	0.35	0.30	0.90	134.07	0.47	<b>63</b>
<i>El Bajo</i>	2435.33	0.35	0.19	0.90	150.31	0.47	<b>71</b>
<i>El Cantil</i>	3115.67	0.35	0.05	0.90	55.61	0.47	<b>26</b>

Es importante resaltar que, aparentemente, la actividad de buceo libre es llevada a cabo correctamente por los turistas, ya que en los seguimientos que se realizaron (106), no se registraron contactos o interacciones con el fondo. Esto motivado por la aplicación de las Reglas Administrativas que obligan el uso del chaleco salvavidas a los practicantes del buceo libre, a fin de evitar que realicen apneas para “tocar” el fondo y en consecuencia causen un impacto al arrecife. Sin embargo, un hecho que fue recurrente en los seguimientos, fue la ausencia de guía en el agua, lo cual no contribuye a las buenas prácticas de la actividad.

Otro aspecto importante a resaltar, es que se detectó, al menos en un caso, que el guía les comentó a los turistas que podían tocar a los lobos marinos, situación que además de no estar permitida puede resultar peligrosa para los visitantes.

Por lo anterior, es importante que la Dirección del Parque promueva un taller de buenas prácticas en el desarrollo de la actividad turística, que podría eliminar esta mala práctica.

#### Capacidad de Carga para Sitios de Snorkel Nocturno

Con relación a la actividad de buceo libre nocturno, aun cuando no es una actividad comúnmente desarrollada, también se calculó y los resultados se presentan en la Tabla VIII.

El sitio que presentó la mayor CCE para buceo libre nocturno fue El Cien con 51 buceos/día, por su parte, la menor cantidad se determinó para el sitio Las Tachuelas con 2.33 buceos/día.

**Tabla VIII.** Cálculo de la capacidad de carga de snorkel nocturno para las localidades de estudio del Parque Nacional Cabo Pulmo.

<b>Sitio</b>	<b>CCF</b>	<b>FCs</b>	<b>FCfg</b>	<b>FCmt</b>	<b>CCR</b>	<b>CM</b>	<b>CCE</b>
<i>Las Casitas</i>	298.5	0.26	0.20	0.90	14.52	0.47	<b>7</b>
<i>Los Chopitos</i>	396	0.26	0.54	0.90	51.75	0.47	<b>24</b>
<i>El Cien</i>	450.5	0.26	0	0.90	107.82	0.47	<b>51</b>
<i>Los Frailes</i>	319	0.26	0.47	0.90	36.44	0.47	<b>17</b>
<i>Los Arbolitos</i>	268	0.26	0.28	0.90	18.36	0.47	<b>9</b>
<i>Las Tinajitas</i>	44.5	0.26	0.58	0.90	6.24	0.47	<b>3</b>
<i>Las Tachuelas</i>	1334.5	0.26	0.01	0.90	4.93	0.47	<b>2</b>
<i>Los Morros</i>	315.5	0.26	0.30	0.90	23.36	0.47	<b>11</b>
<i>El Bajo</i>	562	0.26	0.19	0.90	26.19	0.47	<b>12</b>
<i>El Cantil</i>	719	0.26	0.05	0.90	9.69	0.47	<b>5</b>

### Capacidad de Carga total de Buceo para el Parque Nacional Cabo Pulmo

La estimación de la Capacidad de Carga Total de buceo se calculó a partir de los valores obtenidos para las cuatro actividades subacuáticas que se realizan en el PNCP, esto es, buceo autónomo diurno, buceo autónomo nocturno, buceo libre diurno y buceo libre nocturno. En orden de estimar el número máximo total de buceos autónomos por sitio y total en el PNCP, sumamos los valores correspondientes a cada sitio por actividad, estos es:

$$\text{CCT buceo diurno} + \text{CCT buceo nocturno} = \text{CCmáxima}$$

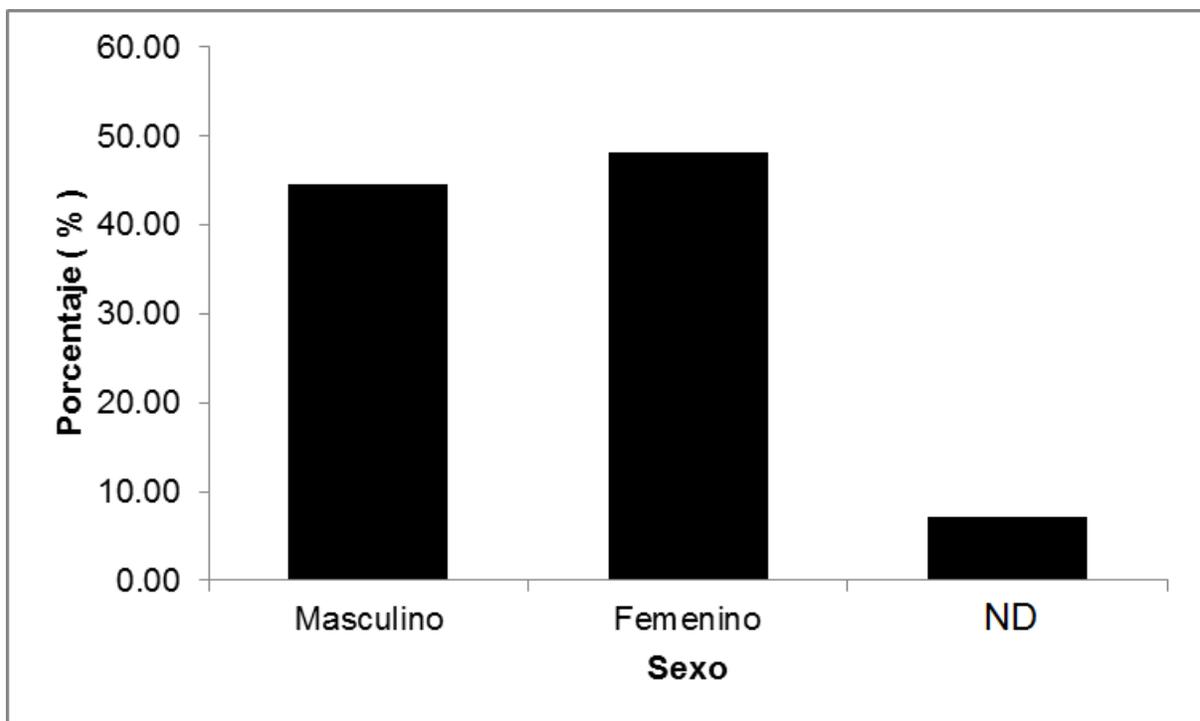
$$497.36 + 75.13 = 572.49 \text{ buceos/día}$$

Por lo anterior, la CCTmáxima por buceo autónomo es de **572** buceos/día en el PNCP, considerando que cada visitante realiza dos buceos por día, donde generalmente realizan un buceo profundo en los sitios autorizados para ello y un buceo somero, el número total de buzos por día que pueden desarrollar la actividad en el PNCP es de **286** buzos máximo por día en el PNCP. De acuerdo a este dato, el número máximo de buzos que el PNCP puede recibir en un año es de **94,380**, valor que es 21 veces mayor a la cantidad registrada en 2011. Lo anterior representa que el número de visitantes registrado en 2011 en el PNCP representa el 4.75% de la CCT calculada, es decir, el número de visitantes al PNCP que desarrollan buceo autónomo, aún se encuentra por debajo de la CCT calculada.

Por otro lado, si la distribución de buzos fuera homogénea en los 10 sitios considerados en el cálculo de la CCTmáxima del PNCP, el número máximo promedio de buzos por sitio de buceo es igual a **29** buzos/sitio/día. Con este resultado, anualmente cada sitio recibiría en promedio **9,438** buzos/sitio.

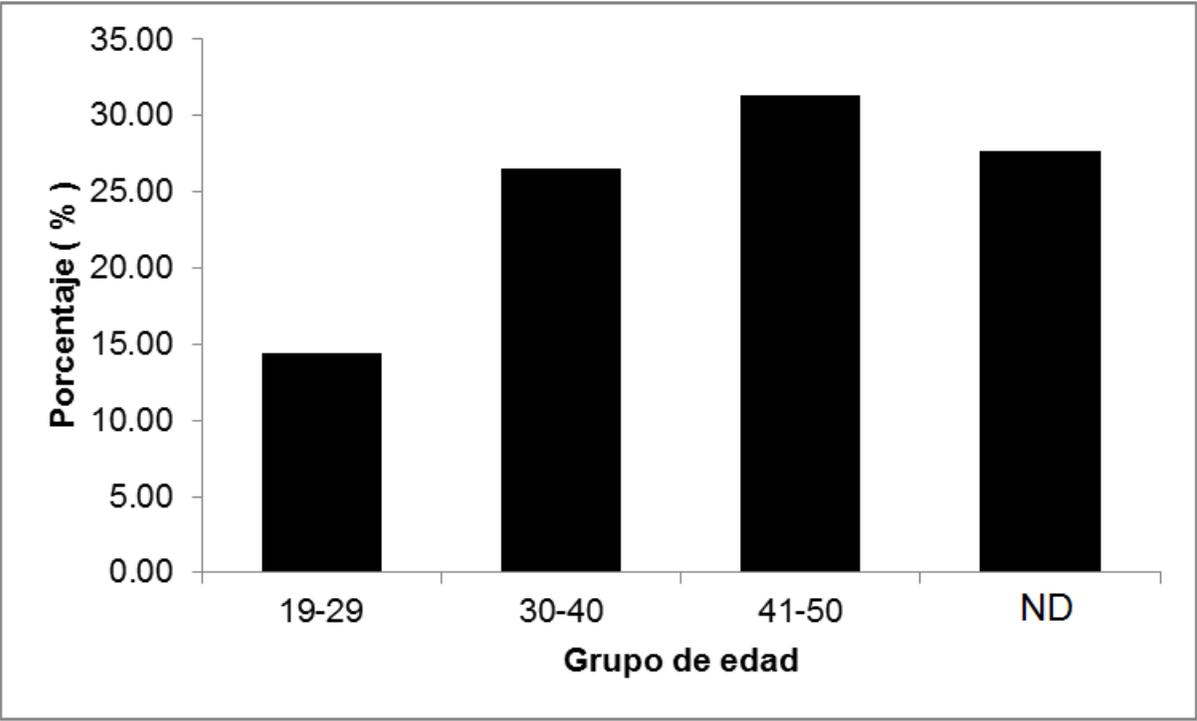
## Encuestas a visitantes

Durante el periodo de estudio se realizaron un total de 83 encuestas a visitantes que realizaron actividades de buceo SCUBA o snorkel dentro de alguno de los arrecifes en el parque Nacional Cabo Pulmo (PNCP). El análisis reflejó que en cuestión de género, el 48 % de los visitantes encuestados fueron mujeres y el 45 % hombres.



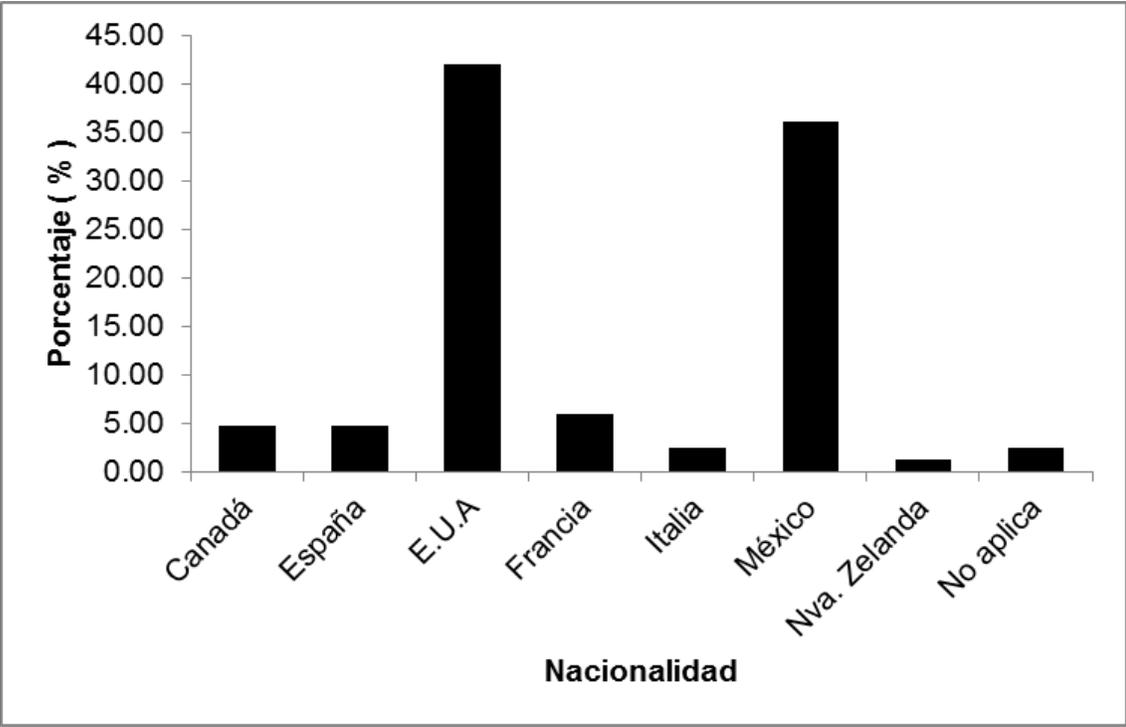
**Figura 28.** Porcentaje por sexo de visitantes en el PNCP.

La edad promedio de la mayoría de los turistas que visitan el PNCP se encontró dentro del grupo 41 a 50 años (31 %), seguidos de los de 34 a 40 años (27 %), sin embargo un 28 % de los encuestados omitió dar el dato de su edad.



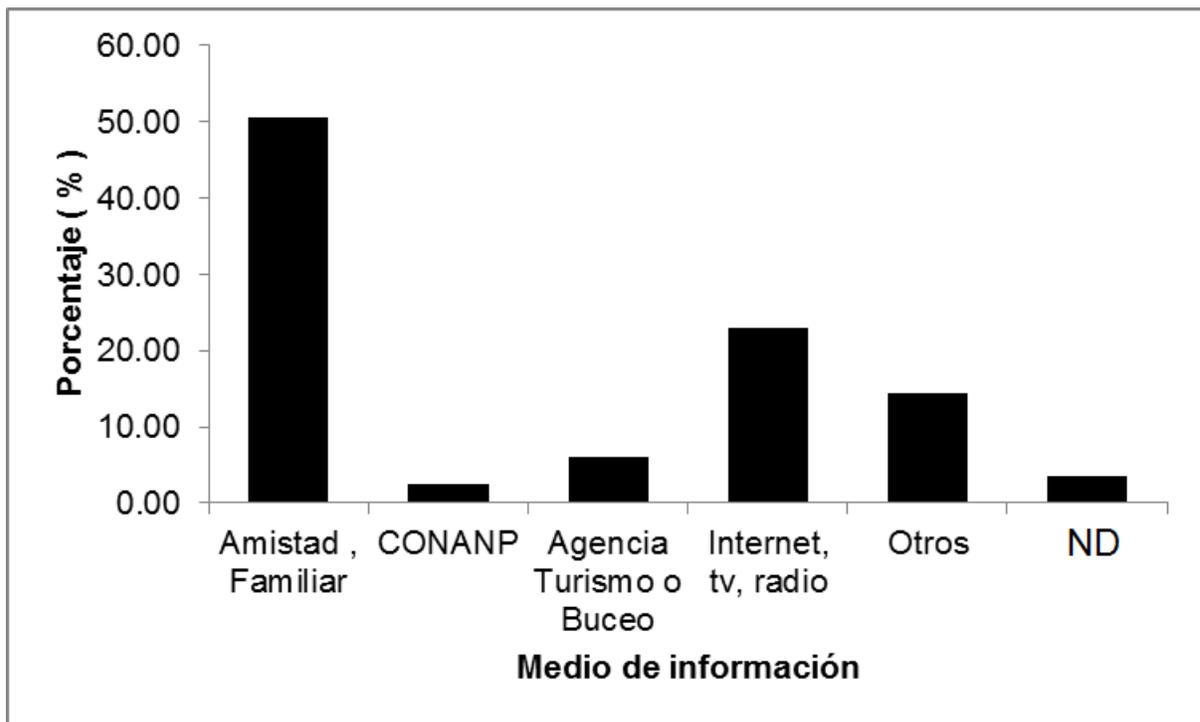
**Figura 29.** Porcentaje de edad de los visitantes en el PNCP.

La mayor cantidad de turistas que visitan el PNCP fueron de nacionalidad norteamericana (42%), en segundo lugar encontramos al turismo nacional (36%) y el resto del porcentaje quedo dividido entre visitantes de Canadá, España, Francia, Italia y Nueva Zelanda.



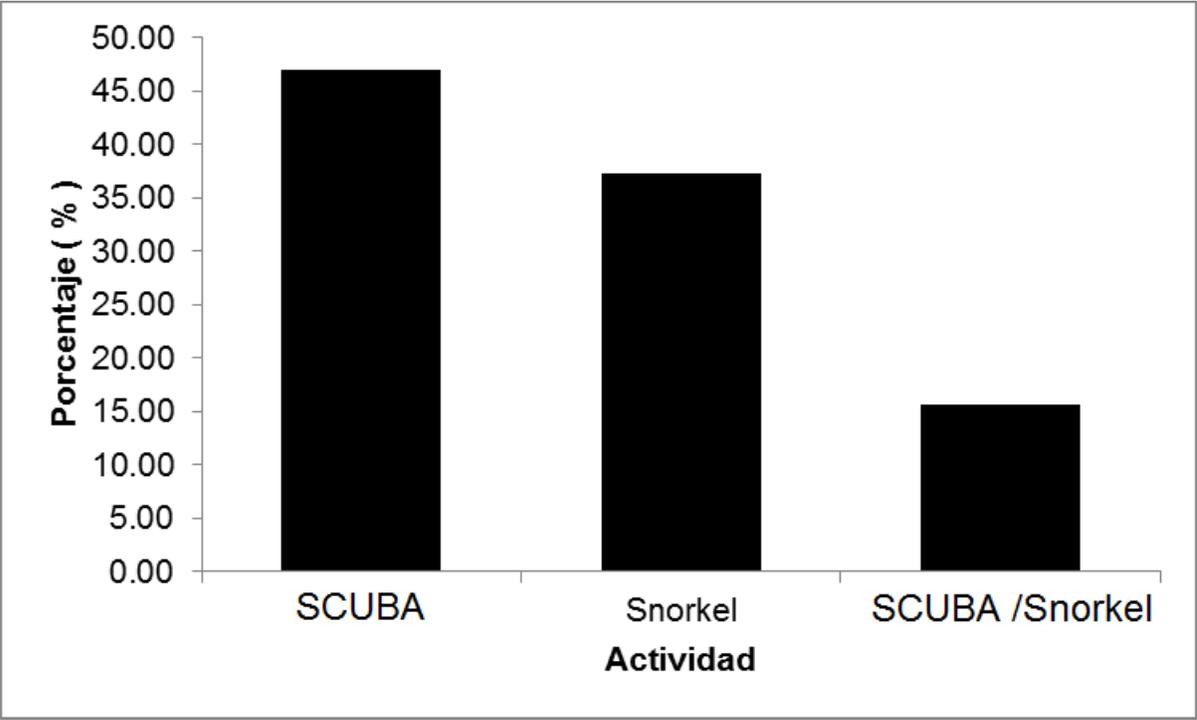
**Figura 30.** Porcentaje de turistas según la nacionalidad.

En la encuesta se les cuestionó sobre la manera en que se enteraron de que Cabo Pulmo es un Parque Marino, donde el 51 % contestó que fue por medio de un amigo o familiar, en segundo lugar de importancia con un 23 % se registró que la información fue recibida por algún medio de comunicación como internet, tv, libros o folletos, el 26 % restante se encontró dividido entre anuncios del PNCP en la zona y la información obtenida de la agencia de buceo y otros.



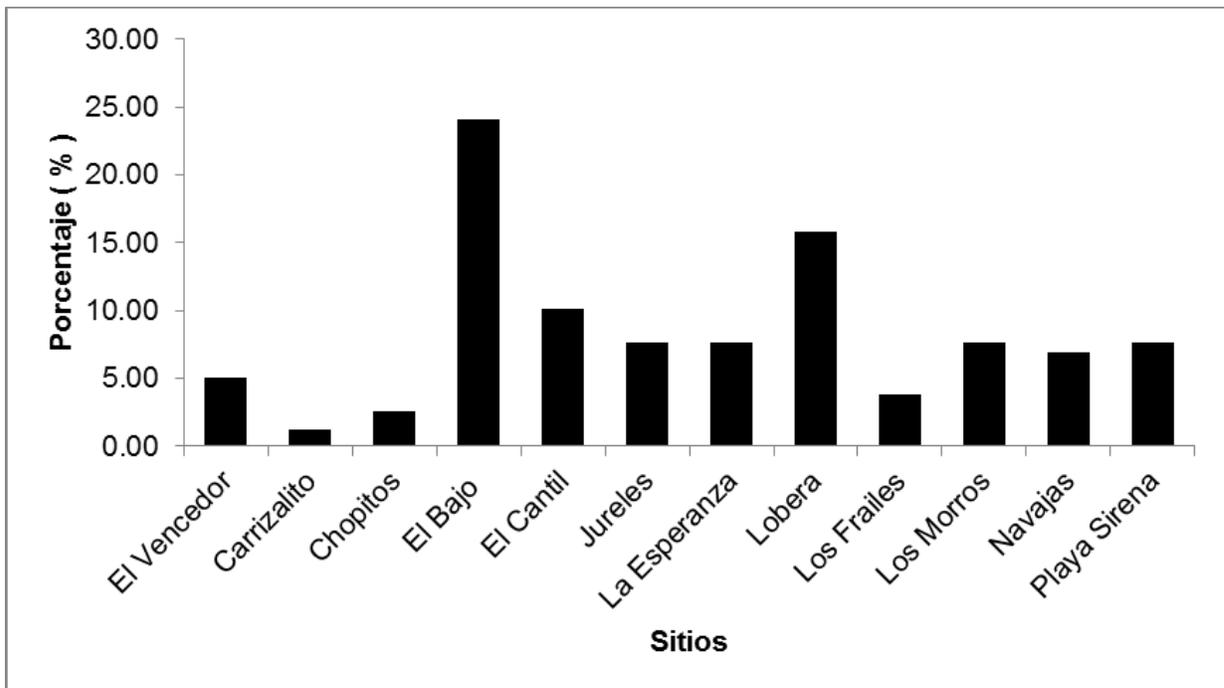
**Figura 31.** Porcentaje de respuesta relativo al medio de información mediante el cual se enteraron que Cabo Pulmo es Parque marino.

De los turistas encuestados, el 47 % respondió haber realizado actividades de buceo SCUBA, 37 % de snorkel y 16 % realizó ambas actividades.



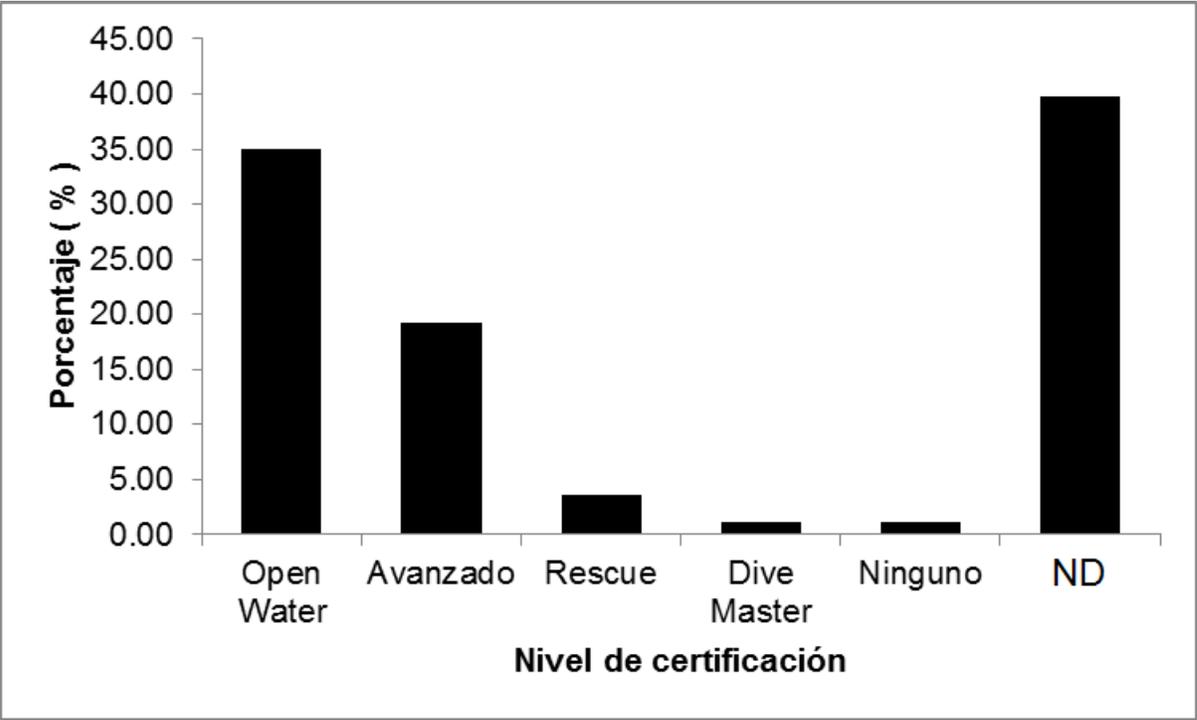
**Figura 32.** Porcentaje por tipo de actividad realizada durante la visita al PNCP.

El sitio que presentó el mayor porcentaje de visitación por los encuestados fue El Bajo (24%), en segundo lugar La Lobera (16%) y en tercer puesto El Cantil (10 %).



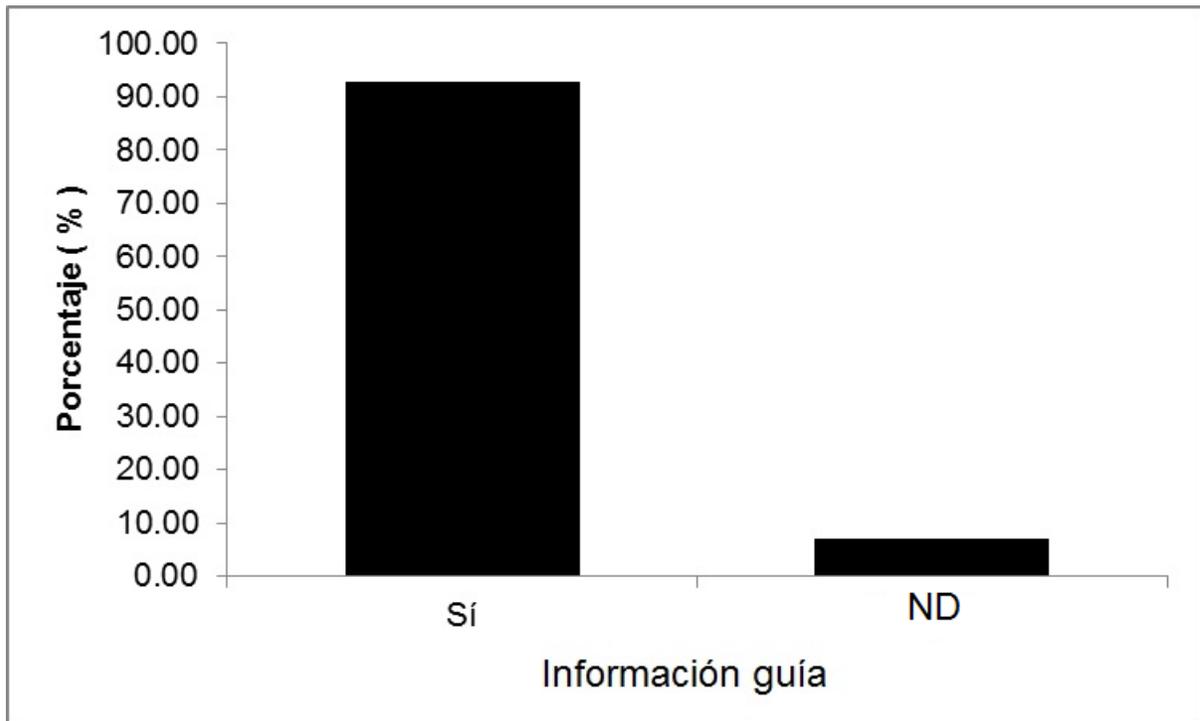
**Figura 33.** Porcentaje de visitas realizadas en cada arrecife del PNCP.

A los visitantes encuestados también se les cuestionó sobre su nivel de habilidad para realizar actividades de buceo SCUBA, donde el 40 % de los encuestados no respondieron a esta pregunta, pues solo realizaron actividades de snorkel, sin embargo, el 35 % contestó estar en posesión de una certificación de buceo del tipo avanzado, el 19 % open water, 4% buzo de rescate, 1% Dive Master.



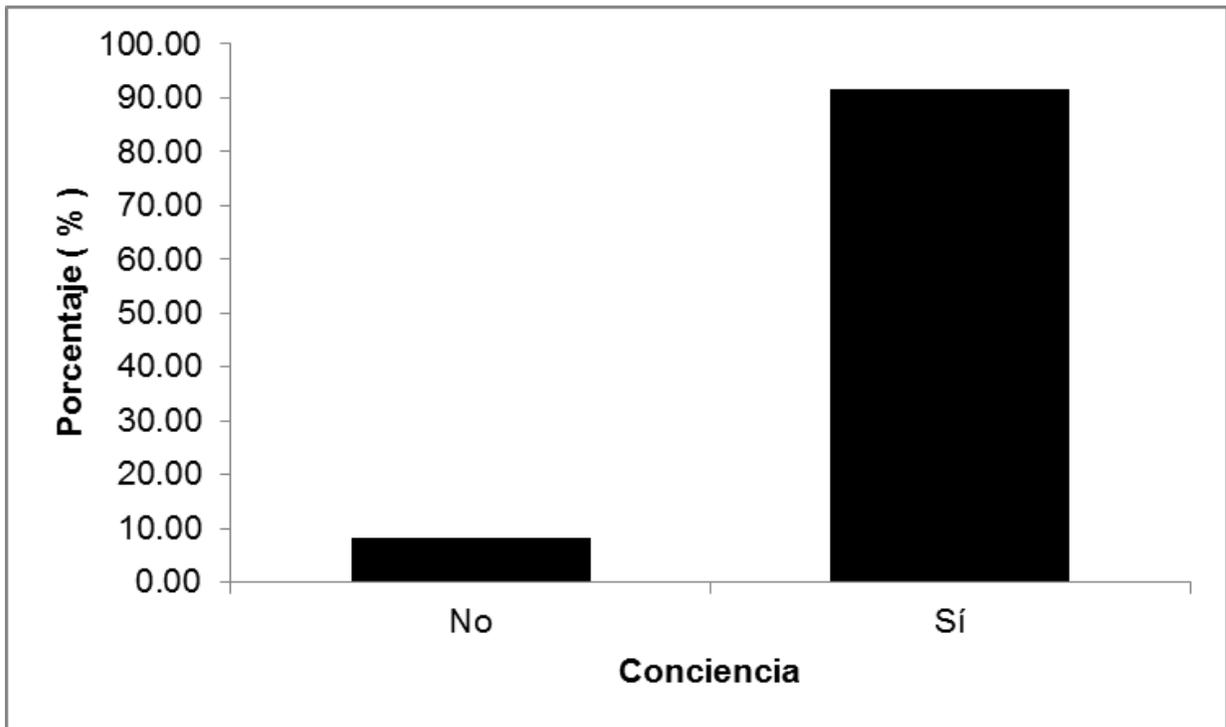
**Figura 34.** Porcentaje de habilidad para el buceo SCUBA en función al tipo de certificación.

De igual manera se les preguntó acerca de si su guía durante la visita al Parque Nacional, les informó de las reglas de conducta establecidas por el PNCP, el 93 % contestó de manera afirmativa.



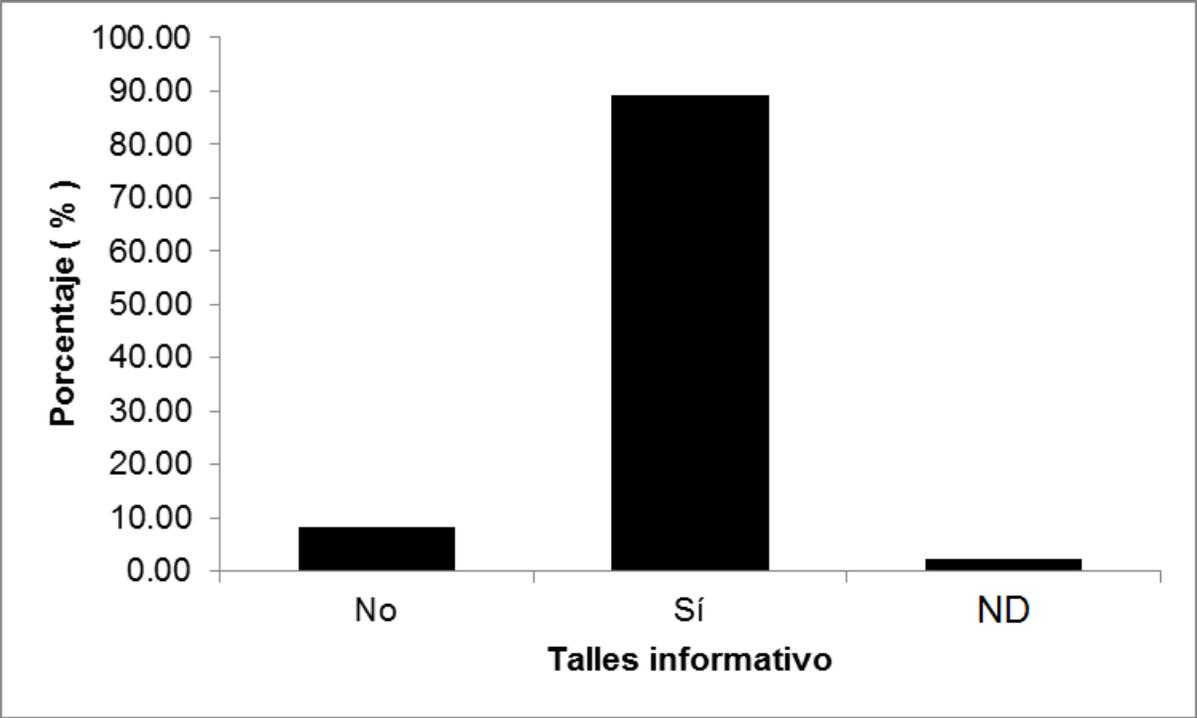
**Figura 35.** Información recibida sobre las reglas de conducta dentro del PNCP dada por los guías naturalistas.

Otra de las preguntas realizadas fue con relación a que tanto nivel de conciencia con respecto del medio marino y su fragilidad al impacto del turismo tenían los visitantes, el 92% de los encuestados respondieron que si estaban enterados y tan solo el 8% contestó no estar consciente en lo absoluto de la fragilidad de hábitat.



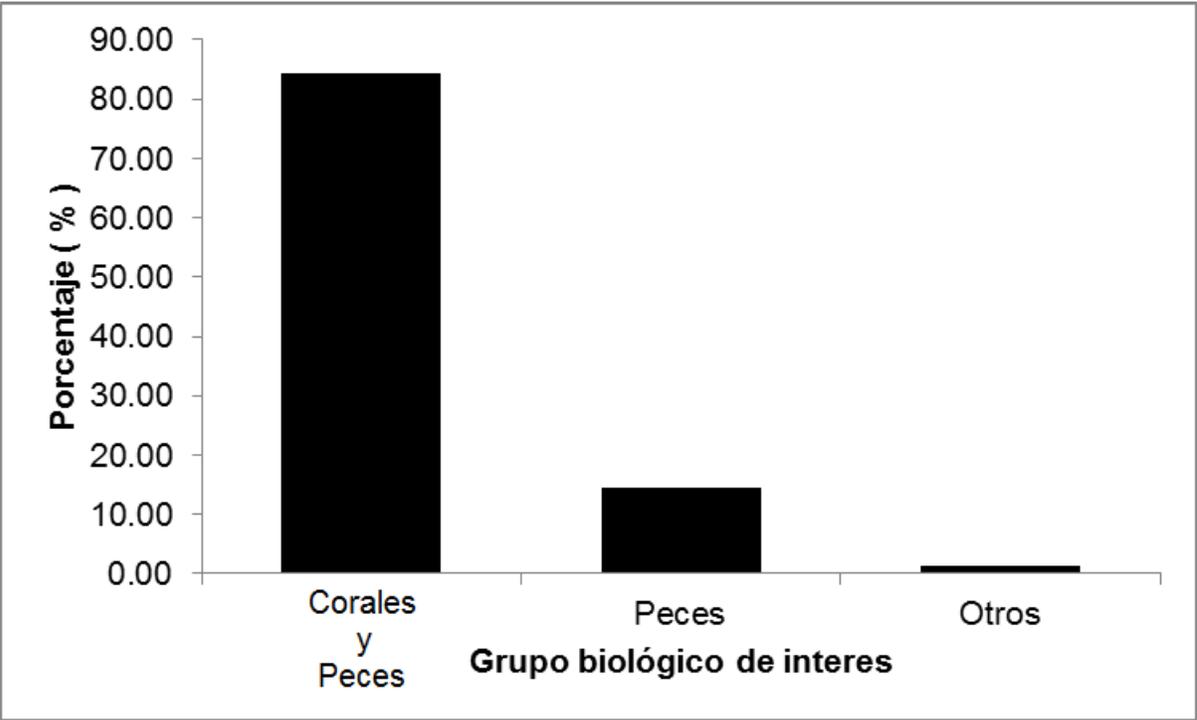
**Figura 36.** Conciencia sobre la fragilidad del hábitat marino con respecto a las actividades de buceo SCUBA y snorkel.

También, se les preguntó sobre la disponibilidad de asistir a talleres de capacitación sobre las buenas prácticas de conducta dentro de un área natural protegida, el 89 % de los visitantes respondieron estar interesados en asistir a los talleres de capacitación, 9 % respondió que no.



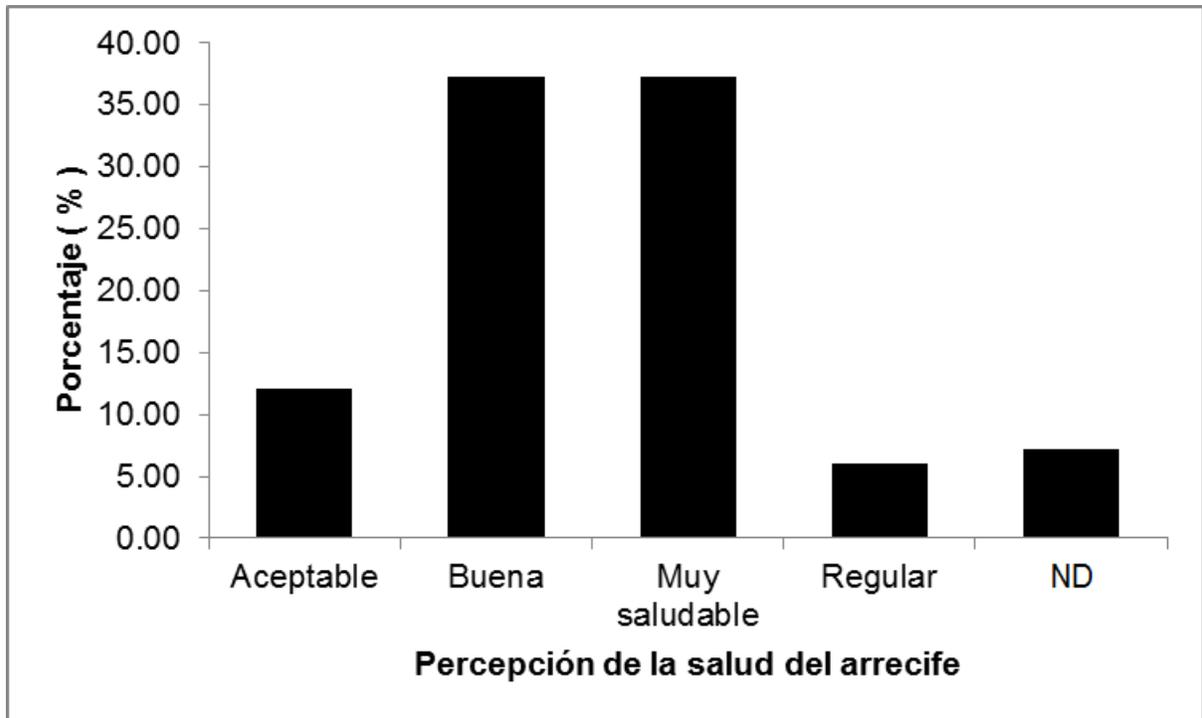
**Figura 37.** Porcentaje de asistencia a taller informativo.

Con la finalidad de detectar los grupos biológicos de interés de los encuestados se les cuestionó sobre cuál es el grupo de su preferencia, el 84 % respondió estar interesado tanto en peces como en corales, 15 % solo en peces y el 1% restante en otros grupos como ballenas y lobos marinos.



**Figura 38.** Grupo biológico de interés.

Para saber cuál es la percepción en cuanto al estado de salud arrecifal del parque marino se les cuestionó que pensaban al respecto, el 38 % respondió que el arrecife se encontraba en una condición buena, el 37 % muy saludable, el 12% aceptable y otro 6% regular.



**Figura 39.** Percepción de la salud arrecifal por parte de los visitantes.

## DISCUSIÓN

### *Estructura de la comunidad y procesos comunitarios*

El arrecife coralino en el Parque Nacional Cabo Pulmo se encuentra compuesto por especies provenientes de las provincias biogeográficas Panámica, Californiana, e Indo-Pacífico. La gran diversidad biológica que se encuentra en el es una de las más altas en la costa mexicana del Pacífico (Kerstitch, 1989). Consideramos que tales características de biodiversidad marina, son en gran medida las que atraen a miles de turistas año con año a realizar prácticas de buceo SCUBA y snorkel dentro del PNCP. Sin embargo, el incremento en los niveles de uso del área puede ocasionar un impacto directo que se verá reflejado de manera negativa en la biodiversidad de los sitios de uso turístico.

Es bien sabido que buzos de todo el mundo consideran a los atributos de diversidad y abundancia de corales y peces presentes en un arrecife como factor crucial para la selección de lugares nuevos de buceo para ir a visitar. Sin embargo, la percepción de los buzos recreativos con respecto a estos atributos suele ser algo subjetiva. Wielgus *et al.* (2003) mencionan que para los buzos turísticos cuenta más la cantidad de organismos encontrados en agregaciones por sitio y el tamaño de los mismos que la variedad de especies encontradas durante la inmersión.

Tal idea nos permite plantear lo siguiente: (1) entre los buzos, son más atractivos los sitios donde se encuentran peces en cardúmenes grandes, a diferencia de sitios con grupos pequeños de peces, aunque más variados en especies, y (2) la calidad de un sitio de buceo en términos de coral para los buzos, se refiere a veces a la "cobertura de coral", que es la proporción del sustrato cubierto por coral vivo en cada localidad y no precisamente a la diversidad de especies encontradas.

Por lo tanto, con la finalidad de mantener la calidad en la experiencia de los visitantes y la sustentabilidad del arrecife, es de gran relevancia realizar un monitoreo constante de la composición en la estructura comunitaria lctiofaunística y bentónica, en los ecosistemas arrecifales que son utilizados de manera turística como es el caso de Cabo Pulmo, con el objeto de llevar una detección temprana de aquellos

sitios donde las fluctuaciones en los índices ecológicos pudieran estar mostrando algún tipo de perturbación. Dichas fluctuaciones en los atributos ecológicos nos ayudan a la identificación de indicadores importantes para la gestión dentro del ANP (Scura & van't Hof, 1993; Hawkins *et al.*, 1999).

En el presente trabajo, los valores de abundancia, riqueza y diversidad variaron entre los grupos taxonómicos y las secciones del PNCP, a las cuales nos referiremos como: norte, centro y sur.

Con relación a los peces, se observó que los mayores valores de abundancia y riqueza de especies se encontraron en los sitios localizados al norte del Parque Nacional, que son justamente los que reciben las mayores cantidades de visitantes durante la temporada alta de turismo de buceo (e.g. Los Morros). La gran variedad de especies que se pueden encontrar en estas localidades norteñas son de gran interés e impacto visual para los buzos que visitan Cabo Pulmo. Entre las especies carismáticas de mayor relevancia encontramos a los jureles (*Seriola lalandi*) y meros (*Mycteroperca jordani*); los primeros forman un cardumen grande que reside en esta zona del PNCP y los últimos, su gran tamaño (90 cm; COBI monitoreo comunitario, 2011) los coloca como los peces más grandes del lugar. Por el contrario, los valores menores de abundancia y riqueza se registraron en las localidades más sureñas, que son las que se ubican en los límites del parque marino; esta baja abundancia y riqueza se puede deber a que están más próximas a la zona de pesca autorizada (CONANP, 2006). En estas localidades, las tallas de los peces son mucho más pequeñas (COBI monitoreo comunitario, 2011), dominando especies herbívoras como damiselas (*Stegastes rectrifraenum*), cirujanos (*Acanthurus triostegus*) y lábridos (*Thalassoma lucassanum*). Tal distribución de especies dentro del PNCP puede deberse a lo siguiente: (1) las características batimétricas de cada zona; esto es, hacia el norte se encuentran las localidades con mayor profundidad, aspecto que favorece la presencia de cardúmenes grandes; y (2) La cercanía de los sitios al sur del parque con la zona de pesca autorizada puede estar influenciando la baja presencia de peces carnívoros como jureles y meros, ya que este tipo de organismos

son objeto de la pesca, y en consecuencia pueden estar siendo capturados por los pescadores; el resultado se refleja en la estructura comunitaria encontrada.

Existen estudios en arrecifes del Caribe (Bonaire) donde se identificó que volúmenes altos de practicantes de buceo y snorkel provocaron disminución en la abundancia de algunas especies de peces (Hawkins *et al.*, 1999). En el caso del PNCP se desconoce si los niveles de buceo actual está ocasionando daño a las poblaciones de peces; por lo tanto, se recomienda realizar más estudios enfocados a la relación del buceo y la ictiofauna del PNCP, ya que durante este estudio no se consideró este aspecto.

Los invertebrados bentónicos mostraron un patrón contrario al presentado por el grupo de los peces, en sus valores de abundancia, riqueza y diversidad (Figs. 6, 7, 8, 9). Los valores mayores de abundancia se presentaron en las localidades del sur, donde se encontraron los menores valores de abundancia de peces. Esta condición minimiza la relación depredador-presa existente entre ambos grupos, favoreciendo el desarrollo de una comunidad más numerosa de invertebrados en las localidades donde hay menos peces y que son más pequeños. Hay que recordar que los peces son depredadores importantes de coral y otros invertebrados arrecifales (Vine, 1974). El mayor número de especies de invertebrados bentónicos se encontró en la zona centro, concentradas en una sola localidad, El Cantil (Fig.7). Este sitio se encuentra conformado por roca en el fondo que presenta grietas profundas, tales características ofrecen un hábitat ideal y una disponibilidad de refugio alta, debido a la gran cantidad de oquedades en el sustrato para esconderse de depredadores, característica favorable para la sobrevivencia de los invertebrados que pueden ser depredados por peces carnívoros. Tales condiciones fisiográficas en El Cantil, pueden estar favoreciendo la mayor riqueza de especies en este sitio. Es posible que la distribución de especies de invertebrados bentónicos del PNCP esté relacionada a patrones ecológicos, o a cuestiones de la muy particular dinámica poblacional de cada grupo, y no precisamente sea derivado de la influencia del turismo.

Lo anterior puede estar actuando de manera positiva para el desarrollo del turismo de buceo en Cabo Pulmo, ya que sitios con mayor presencia de organismos de este

grupo tan diverso y carismático, suelen ser más atractivos para los buceadores. Se ha observado que el grupo de los asteroideos ó “estrellas de mar” es muy popular entre los practicantes de buceo, por ejemplo, en otras ANP como El Parque Nacional Arrecifes de Cozumel la mayoría de las campañas publicitarias se enfocan en este grupo. Las mayores concentraciones de asteroideos en Cabo Pulmo se presentaron en los sitios más someros, donde es menor la ocurrencia de depredadores, y que además son aquellos utilizados para la actividad de snorkel. La posibilidad de poder observar a estos magníficos ejemplares desde las localidades de fácil acceso le da un valor agregado al Parque.

En la comunidad coralina, los patrones reflejados por los índices ecológicos de cada sitio de buceo pueden ser considerados una prueba potencial de cómo se está manifestando el impacto del incremento de la actividad del buceo turístico dentro del PNCP. La actividad tiene una mayor influencia sobre las localidades centrales y sureñas de Cabo Pulmo, ya que estas presentan los valores más altos de riqueza y diversidad de especies coralinas, pero no son más abundantes (Figs. 10, 11,13). Esto coincide con lo encontrado en Bonaire por Scura y van't Hof (1993); Dixon *et al.*, (1993) y Hawkins *et al.* (1999), quienes confirman abundancias de coral bajas en los sitios con niveles altos de uso; y una clara diferencia en la estructura de la comunidad con los valores de diversidad y riqueza más elevados a los sitios muy utilizados y valores menores en los sitios poco utilizados.

Con base en lo anterior, lo sucedido en Cabo Pulmo en los últimos 30 años en que se ha realizado la actividad de buceo, es que, el daño ocasionado como consecuencia del incremento en el turismo de buceo, la falta de vigilancia de las prácticas de buceo realizadas por los operadores turísticos y visitantes en estas localidades, debería ser similar a lo encontrado por Hawkins *et al.* (1999) y Scura y van't Hof (1993); esto es, provocar al principio una disminución en el número de corales ramificados del género dominante *Pocillopora* debido al daño mecánico por los buzos y posteriormente un incremento en la abundancia de estos y disminución de los masivos o incrustantes, como *Pavona* y *Porites*. Sin embargo, esto no se presentó; por el contrario, este efecto favoreció el aumento en la cobertura de estos

últimos, lo cual pudo ser resultado de la combinación de las actividades recreativas con procesos naturales como el impacto de huracanes y el blanqueamiento de coral producto del sobrecalentamiento de la superficie del mar debido a eventos ENSO que han impactado el sitio (Reyes-Bonilla & Calderón-Aguilera, 1994; Reyes Bonilla *et al.*, 2002). Tal dinámica en la composición específica de los arrecifes puede ofrecer la ventaja de un menor grado de fragilidad en el estado actual de los sitios donde ha comenzado el proceso de sucesión, ya que al haber un cambio en la dominancia de especies ramificadas por formas masivas, se favorece un mayor grado de resistencia al impacto físico ocasionado por los turistas durante las actividades de buceo y snorkel. De alguna manera, esto compensa el valor menor en abundancia de organismos.

Entre los aspectos negativos de esta sucesión de especies se debe tomar en cuenta que las del tipo masivo como *Pavona* y *Porites* tienen un periodo de crecimiento mucho más lento. Esto se debe a que su esqueleto es más denso que las del tipo ramificado; factor que puede ser clave para el declive o mantenimiento de la población coralina particularmente en localidades donde los niveles de uso turístico superen a los sugeridos.

Entre las distintas especies de corales, la capacidad para resistir al daño físico o mecánico es diferente (Marshall, 2000), por lo que es posible que especies más sensibles puedan perderse en arrecifes con altas intensidades de turismo. Al respecto, Liddle y Kay (1987) mencionan que las especies masivas mostraron mayor resistencia a los daños físicos, mientras que las especies ramificadas, fueron altamente susceptibles al daño. Por lo tanto, los cambios en el número o tipos de forma de especies de coral presentes en un arrecife pueden ser un indicador útil para medir el grado de perturbación. Tales cambios en la composición de las especies podrían conducir a una modificación en los indicadores ecológicos de abundancia, diversidad y riqueza. La detección de las fluctuaciones en las medidas de los índices ecológicos debe ser tomada en cuenta durante la selección de indicadores para el manejo de ecosistemas coralinos.

Por otro lado, el tamaño de las colonias de corales también puede cambiar con frecuencia, al igual que la dominancia de especies, dependiendo del tipo de perturbación a la que sean expuestos los organismos (Bak & Meesters, 1998). A este respecto, la reducción en el tamaño del coral ha ocurrido de manera notable en algunas de las localidades más populares y de fácil acceso dentro de la parte sur del PNCP, como es el caso de la bahía de Los Arbolitos (Fig. 19). Aquí se puede apreciar una transición en el dominio de las especies de *Pocillopora* por las de *Porites* en las secciones más cercanas a la costa. De igual manera, se observó una reducción en las tallas de los corales estando representados en su mayoría por colonias pequeñas. Esta reducción en tamaño y cambio en la dominancia de especies puede ser atribuido al daño por pisoteo de los buzos al entrar al arrecife, ya que la mayor concentración de corales en este sitio se encuentra en la parte somera y próxima a la costa, situación que favorece el fácil acceso para la visita de los turistas hasta esta zona desde la playa, sin necesidad de hacer uso de ninguna embarcación.

En otros sitios de gran popularidad para el turismo ubicados en la zona centro del Parque Nacional, pero a una distancia mayor de la costa y en un estrato de profundidad mayor (e.g. El Bajo y Los Morros), se encontró el mayor número de colonias fragmentadas como consecuencia del daño ocasionado por los buzos. A pesar del daño físico, el dominio de las especies de coral en ambas localidades sigue siendo protagonizado por *Pocillopora*; por el contrario en la bahía de Los Arbolitos se observó un aumento en el dominio de las especies de coral del tipo incrustantes en ciertas secciones del arrecife (Fig.19).

Los sitios que se encuentran en la parte norte del PNCP son los que podemos considerar como en un mejor estado de conservación y menos impactados por el buceo turístico. Del total de las localidades evaluadas, éstas fueron las que presentaron las mayores abundancias del coral ramificado dominante (*Pocillopora*), como en Las Tachuelas (Fig. 10). Por otra parte, el número de colonias con daño por fragmentación fue mínimo en esta localidad, comparado con los sitios ubicados en la parte central y sur del PNCP, situación que reafirma su estatus de menor

perturbación. Nuestras observaciones concuerdan con lo estipulado por Hawkins y Roberts (1993b), quienes dicen que el tamaño de las colonias de coral disminuye en localidades donde es frecuente el impacto por pisoteo. Los autores concluyen que una intensidad de impacto elevada puede alterar de manera permanente la constitución estructural de las especies de coral, cambiando de un arrecife ramificado a uno del tipo plano, donde los géneros dominantes sean los masivos e incrustantes. El cambio en la forma del arrecife de uno ramificado a uno plano puede conferir la ventaja de una mayor resistencia al impacto físico ocasionado por las actividades de buceo y un incremento en la diversidad de especies de corales (Hawkins & Roberts, 1993b).

#### *Nivel de Uso*

El turismo de buceo en el PNCP está compuesto tanto por buzos nacionales como internacionales, que disfrutan de actividades recreacionales dentro del Parque. Durante el año 2011, el PNCP recibió la visita de 8,638 visitantes que realizaron actividades de snorkel o buceo SCUBA (Fig. 26). La diferencia entre el número de participantes en ambas actividades fue muy similar, dentro del Parque (Fig. 25).

Sin embargo, aunque no se detectó una diferencia entre el número de practicantes entre ambas actividades, si fue posible observar que el uso de los arrecifes no se está realizando de igual manera para ambas, esto es, el buceo SCUBA se concentra en una cierta zona del Parque Nacional (centro-norte), mientras que las actividades de snorkel se realizan en la sección centro-sur. De tal forma, las localidades donde se realizó el mayor número de buceos SCUBA se caracterizan por estar a una distancia mayor de la costa y en un nivel de profundidad mayor con respecto a las localidades donde se practica el snorkel, que son sitios cercanos a la costa y más someros. Los sitios más visitados El Bajo y Los Morros (Figs. 32, 33) se caracterizaron por una alta diversidad de corales y abundancia de peces. Sin embargo, durante el invierno la distribución del uso cambia como consecuencia de los vientos del norte presentes en esa temporada. Por esta razón es que se modifica la afluencia turística a los sitios del sur. En el período de enero a marzo, el sitio

principal donde se desarrolla la actividad es El Rincón, ubicado al extremo sur del PNCP.

Las prácticas de snorkel dentro del Parque se realizan más en las localidades ubicadas en la sección somera y cercana a la zona centro y sur. Es importante resaltar que los visitantes pueden acceder a los sitios sin necesidad de una embarcación o de contratar algún tipo de servicio turístico. Tal es el caso de la bahía de Los Arbolitos, por lo que no se cuentan con datos suficientes, respecto al porcentaje de visitantes que realizan snorkel en este sitio. Sin embargo, las observaciones que se realizaron mediante las bitácoras de prestadores de servicios, nos permiten identificar que el sitio más usado para esta actividad fue La Lobera durante 2011, excepto entre junio y septiembre, cuando se presenta la etapa reproductiva del lobo marino (*Zalopus californianus*) (<http://www.cabopulmopark.com/flora.html>); principal atracción de la zona. Durante este periodo los lobos migran a una colonia más grande ubicada en Isla Espíritu Santo; como consecuencia, el principal atractivo de La Lobera queda inexistente y por esto la distribución de uso cambia para el snorkel. Durante este periodo la localidad más utilizada es Los Chopitos.

Una de las observaciones que vale la pena resaltar es lo que sucede en la localidad de “Los Morros” (Fig. 36), ya que fue una de las más utilizadas tanto para snorkel como para buceo. Lo anterior puede deberse a la presencia del gran cardumen de jureles (*Seriola lalandi*) que habita justo en esta sección. El volumen del cardumen es tal que a pesar de la mayor profundidad a la que se encuentra el sitio puede ser observado utilizando snorkel, experiencia buscada por los turistas.

#### *Daño antropogénico*

A pesar de la importancia económica del turismo de buceo para la región, pocos son los datos cuantitativos que se tienen sobre la relación entre el comportamiento de los buzos y las tasas de daños en los arrecifes de coral en Cabo Pulmo hasta antes del presente estudio.

Dentro del Parque Nacional, el snorkel es una de las maneras más fáciles de disfrutar y admirar los arrecifes de coral que se encuentran a poca profundidad. Esta actividad se encuentra disponible para prácticamente cualquier persona que sea capaz de nadar. Realizar snorkel implica típicamente "flotar" en la superficie por encima de los corales y por lo tanto tiene un mínimo de impacto en el arrecife ya que el turista lleva puesto un chaleco que le impide sumergirse. Sin embargo, los daños causados por esta actividad ocurren en aguas poco profundas, es decir, secciones donde el turista puede ponerse de pie, esta situación tiende a ocurrir en particular con buceadores inexpertos o primerizos que se sienten incómodos o inseguros con su equipo y buscan un soporte duro para sostenerse.

Por otro lado, el daño infligido por los buceadores con equipo SCUBA se encontró relacionado con la falta de flotabilidad y habilidades de control o por descuido, dando lugar a interacciones accidentales como chocar con el coral y aletear sobre él, causando ruptura o lesiones en el tejido, según el tipo de coral involucrado. Otras acciones detectadas fueron, sentarse sobre las cabezas de coral, o la típica foto abrazado del coral; este tipo de comportamientos puede suscitarse debido a la ignorancia de los buzos sobre la fragilidad de los corales y las consecuencias que dichos impactos tienen sobre los organismos.

Nuestras observaciones demuestran que en el PNCP los principales daños infligidos por los buzos, son la ruptura de corales ramificados, o causar lesiones a los corales masivos, mediante conductas voluntarias o involuntarias con manos, aletas y equipo (Tabla. III). Afortunadamente, la mayoría de los buzos causan poco daño, sólo unos pocos causan daños severos (e.g. romper a la mitad un coral). Dentro de la gama de impactos observados, otro de los frecuentes fue causar sedimentación sobre los corales como consecuencia del aleteo cercano al fondo por buzos principiantes o en formación. Al respecto Rogers (1990), determinó que esta circunstancia afecta a los organismos de tal manera que puede inducir a menores tasas de crecimiento, reducción de la productividad y en el reclutamiento. En la mayoría de las ocasiones donde algún buzo produjo impactos sobre el coral, el evento se suscitó primordialmente sobre organismos de *Pocillopora*, posicionado como el afectado de

manera más frecuente. La causa de este suceso está ligada al hecho de que las especies de este género son muy comunes dentro del parque y se incrementa la probabilidad de ser afectadas por el comportamiento perjudicial de los buzos.

Según Zakai *et al.*, (2000), la ruptura del coral afecta procesos vitales como el crecimiento y la reproducción sexual. La detección en la disminución de ambos eventos puede servir como indicador de si las estrategias de manejo en el arrecife funcionan para que éste continúe saludable y su uso se siga dando de manera sostenible. Hawkins y Roberts (1992) observaron que el tejido roto y erosionado se vuelve más susceptible a la invasión por patógenos, posiblemente aumentando la mortalidad de las colonias de coral. Por tanto, la ruptura inducida por los buzos en los arrecifes visitados con mayor frecuencia dentro del PNCP puede tener efectos perjudiciales para las comunidades coralinas. *Pocillopora* es uno de los géneros más susceptibles de morir, dejar de reproducirse sexualmente o blanquearse, por cuestiones de impacto turístico (Zakai *et al.*, 2000) y ambiental (Lirman *et al.*, 2001), lo cual incrementa su fragilidad.

Existen otros puntos de vista que muestran una posición más optimista sobre la relación del turismo de buceo y el ecosistema en el que se realiza la actividad. Meesters *et al.* (1994), afirman que algunas especies de coral presentan un crecimiento relativamente rápido y por lo tanto en cierta medida pueden tolerar rupturas repetidas. Esto implica que un estrés relativamente alto no necesariamente tiene efectos adversos sobre las comunidades coralinas. En el caso particular del PNCP, la opción de que el daño por fragmentación puede estar favoreciendo el repoblamiento de zonas aledañas a estos sitios con mayor grado de impacto es factible. Si pensamos en los fragmentos de coral roto como individuos a reclutarse potencialmente en la población ya existente, esto ofrece un efecto de prevalencia de los organismos siempre y cuando los fragmentos efectivamente se consoliden como nuevos individuos de la población en el arrecife y no se pierdan arrastrados por las corrientes (Serour, 2004). Aun así, desde un punto de vista estético, las partes del arrecife que han recibido los mayores números de visitantes y que presentan un gran

número de colonias rotas y fragmentos sueltos, pueden ser consideradas menos atractivas para los buzos.

Realizando un análisis del daño infligido según el perfil de los buceadores, encontramos que los que utilizan instrumentos fotográficos, a pesar de ser los que comúnmente tienen un mayor grado de experiencia y educación en el buceo, fueron quienes ocasionaron el mayor daño para el ambiente arrecifal dentro del PNCP. Casi todos los impactos de fotógrafos involucraron contacto evidente con organismos bentónicos y en algunos casos el impacto ocasionó la ruptura de colonias de coral. Además, este tipo de buzos fueron los que establecieron contacto con el arrecife de manera más frecuente comparado con otros buceadores que no usaron instrumentos fotográficos. Los impactos en la mayoría de los casos se realizaron de manera premeditada para conseguir la flotabilidad y estabilidad óptimas durante el disparo y en otras ocasiones por descuido del buzo al momento del aleteo durante el enfoque del objetivo a fotografiar. La proporción de fotógrafos durante la temporada alta fue considerablemente mayor que en temporada baja y en muchas ocasiones como parte de tours privados de buceo. Esto último podría ser atribuido a evitar grandes multitudes de buzos en los sitios populares del PNCP. Desalentadoramente, como ya se mencionó, este perfil de buzos mostró ser el peor tal como lo mencionaron Salm (1985, 1986) y Dixon *et al.* (1993). Ellos observaron que los buzos que utilizan cámaras fotográficas, en muchos casos tienen flotabilidad negativa como producto del lastre extra requerido para maniobrar el equipo fotográfico, o también por la poca habilidad de control en su flotación neutra. Como consecuencia de esto, se observó con frecuencia que los fotógrafos se agarran del arrecife como soporte para minimizar cualquier movimiento durante el proceso de rodaje.

Por otra parte, si bien los impactos del turismo en los arrecifes de coral son evidentes, no debemos olvidar que los arrecifes coralinos también se ven agravados como consecuencia de otros factores como los del tipo climático, y su grado de influencia no es fácilmente discernible del propiciado por el turismo (Knowlton, 2001). Esto no significa que debemos ignorar los impactos de las actividades turísticas. Por el contrario, el sector del turismo y las agencias gubernamentales involucradas en el

desarrollo turístico deben tratar de eliminar o reducir los impactos, incluso sin la evidencia de que un cierto impacto esté directamente relacionado con la actividad turística.

Para efectos de manejo, se propone que los siguientes criterios sean tomados en cuenta para la generación de medidas de regulación del buceo y uso del arrecife, con el objeto de reducir los niveles de daño antropogénico causados por los buzos sobre corales en Cabo Pulmo: (1) limitar el número total de los buzos por sitio, (2) transferir los buceadores que se encuentren bajo entrenamiento y de inmersiones introductorias de los arrecifes frágiles a los sistemas dominados por canales de arenales y con menor densidad de formas frágiles vulnerables al daño por fragmentación, (3) exigir que antes de cualquier inmersión dentro del Parque Nacional se de una breve charla a los buzos sobre la importancia ambiental de la localidad, donde se haga hincapié en la fragilidad del sitio en el que se realizará la inmersión y la sensibilidad de los organismos bentónicos que habitan en él, y (4) la incorporación de sesiones obligatorias sobre cómo comportarse en el entorno de los arrecifes de coral dentro de los cursos para la certificación de los guías naturalistas a cargo de las inmersiones. Este último se considera de vital importancia para el fomento de las buenas prácticas de buceo.

La aplicación de un plan de gestión y la incorporación de los elementos antes mencionados pueden ser una buena estrategia de manejo en Cabo Pulmo, para evitar una disminución sustancial de la diversidad relacionada con el estrés inducido por el turismo en esta localidad tan importante económica y ecológicamente, y de la cual depende la gente que ahí habita.

#### *Capacidad de Carga de Buceo libre y autónomo en el Parque Nacional Cabo Pulmo*

El buceo recreativo es una actividad de rápido crecimiento en la industria turística internacional y nacional (Santander & Propin, 2009). Como los arrecifes de coral se han vuelto más accesibles y con mejores instalaciones cercanas para los visitantes, el número de personas que bucean en este ecosistema ha aumentado de manera exponencial (Hawkins & Roberts, 1993a). Según Harriot *et al.* (1997), PADI

(Professional Association of Diving Instructors), el mayor organismo mundial de entrenamiento de buceo, reconoce un aumento en las certificaciones internacionales de buceo de 10,000 para el año 1967 a más de 5 millones en 1996. Hasta hace poco, el turismo de buceo se pensó como una actividad totalmente compatible con el uso sostenible de los recursos marinos, en oposición a las actividades extractivas, como la pesca, la minería y la construcción de instalaciones turísticas. Sin embargo, existe evidencia que demuestra como los arrecifes pueden degradarse como resultado del uso turístico intensivo mal planificado (Jameson *et al.*, 1999; Tratalos & Austin, 2001).

Hoy en día la degradación de los arrecifes atribuible a la presión ejercida por el buceo en Cabo Pulmo, se ha convertido en una preocupación generalizada y es necesario evaluar adecuadamente los impactos del uso turístico y los límites de cambio aceptable con la finalidad de apoyar estrategias de gestión eficaces. Es por esto que la metodología utilizada en esta investigación para la determinación de Capacidad de Carga de buceo turístico mantiene un enfoque diferente, que representa un equilibrio entre el beneficio económico y ambiental.

El turismo de buceo es percibido como un sector con potencial para proporcionar mayores ingresos. Aporta beneficios económicos para las comunidades locales donde se realiza y pueden ayudar a proteger los arrecifes de coral, proporcionando un incentivo para su conservación (César *et al.*, 1997). Dejando de lado las ventajas económicas retribuidas por las actividades turísticas, existen variados estudios que documentan cómo el turismo excesivo que sobrepasa el umbral de la capacidad de carga en localidades de buceo causa daño significativo a los sistemas de coral (Hawkins & Roberts, 1992; 1993; Harriot *et al.*, 1997; Medio *et al.*, 1997; Roupheal & Inglis, 1997; Zakai & Chadwick-Furman, 2002).

En el caso particular de Cabo Pulmo, la visita a los lugares de buceo favorece que los buzos apoyen la economía al gastar dinero en bienes y servicios proporcionados por las empresas locales. Sin embargo, los buzos también repercuten de manera negativa en el arrecife durante sus visitas.

Las divisas derivadas de las actividades de buceo en Cabo Pulmo generaron ingresos en el orden de \$2,244,240.00 a \$4,033,800.00 pesos al año. Los buzos infligen daño al arrecife de coral a una velocidad de 245 contactos potencialmente perjudiciales por día en los sitios más utilizados del Parque. Como resultado de ello, los resultados obtenidos al calcular la CCE, sugiere que el número promedio de buceos que pueden soportar los arrecifes del PNCP sea de 9,438 buzos/sitio/año. Esta cantidad es 1.5 veces superior al valor de 6,000 buzos por sitio, propuesto como medida precautoria para otras AMP's alrededor del mundo (Hawkins & Roberts, 1997; Dixon *et al.*, 1993; Zakai & Chadwick-Furman, 2002; Sousa *et al.*, 2006).

Esta diferencia entre la Capacidad de Carga obtenida en este estudio y el valor calculado como medida precautoria en otras AMP's, posiblemente se deba a la metodología de cálculo utilizada aquí, ya que ésta involucra aspectos del medio físico, biológico y del medio social que muchos de estos trabajos no incluyen, pues basan sus estimaciones en la relación daño/nivel de uso, además que muchos de ellos no diferencian entre el daño natural y el ocasionado por la actividad.

Teniendo en cuenta el valor calculado de 9,438 buzos/sitio/año en el PNCP y la cantidad de visitantes registrada durante el periodo de 2011 que fue de 864 buzos/sitio/año/, podemos decir que el nivel de uso por practicantes de buceo en el PNCP, no es considerado una amenaza para la permanencia del recurso. El análisis sobre la cantidad de visitantes que realizaron buceo durante el pico turístico (octubre) en la localidad más visitada El Bajo, nos permite observar si el valor promedio obtenido de capacidad de carga de 29/buzo/sitio/día, es excedido por el número de visitas realizadas durante el máximo turístico. El valor promedio registrado para El Bajo fue de 11 buzos/sitio/día; esta evidencia demuestra que a pesar de ser la localidad más visitada del PNCP, su nivel de uso se está dando por debajo del 50 % de la capacidad de carga estimada por nuestro estudio para esta localidad.

Con la finalidad de garantizar la viabilidad a largo plazo del recurso en cuestión, es importante que el uso turístico se mantenga por debajo de los niveles perjudiciales antes propuestos. Se sabe que cuando la proporción de practicantes de buceo está por debajo de la capacidad de carga de un sitio, el daño ocurrido en las formas

coralinas es mínimo pero, si esta proporción se encuentra por encima de la capacidad de carga, la ocurrencia del daño al coral puede aumentar en gran medida (Chadwick-Furman, 1997). Al parecer, la capacidad de carga de buzos en sistemas arrecifales depende de una combinación de factores que varían entre los sitios, como la presencia y proporción de organismos con ciertos tipos de formas vulnerables; el nivel de formación de los buceadores que practican la actividad recreacional en la localidad y la presencia de otros factores de estrés antropogénicos, como la contaminación por hidrocarburos o el daño por anclaje (Hawkins & Roberts, 1997; Roupheal & Inglis, 1997; Schleyer & Tomalin, 2000). Sin embargo, es importante señalar que el uso del arrecife debajo o dentro del rango de umbral de capacidad de carga no implica la sostenibilidad económica de la actividad. De manera positiva para Cabo Pulmo, los ingresos generados por los gastos de los turistas en las actividades de buceo y snorkel retribuyen divisas que son base de la economía local tanto de nacionales como extranjeros.

No debemos olvidar que una característica importante del ecoturismo dentro de un ANP, es que el ingreso generado por las visitas de los turistas se utilice para mejorar los recursos naturales que en un principio atrajeron a los turistas (Kangas *et al.*, 1995). Desafortunadamente, en países como México los ingresos generados por el turismo de buceo no son efectivamente utilizados para la conservación de sus recursos. Los funcionarios de gobierno del Servicio de Administración Tributaria (SAT) no destinan dichas divisas a realizar mejoras en la supervisión del impacto de la actividad recreacional en el ecosistema arrecifal. Situaciones similares se han descrito para los arrecifes de coral en Indonesia (Cesar *et al.*, 1997) y Sri Lanka (Berg *et al.*, 1998). Los aspectos económicos que derivan de las actividades de buceo en Cabo Pulmo requieren más estudios y un mayor esfuerzo para evaluar las compensaciones entre el daño ambiental y los beneficios económicos para la sociedad.

#### *Perspectivas y recomendaciones de manejo para el Parque Nacional Cabo Pulmo.*

A medida que más personas descubren el arrecife de Cabo Pulmo, gracias a la gran publicidad de la que ha sido objeto en los últimos años, y como consecuencia de las

múltiples campañas de conservación realizadas por distintas ONG'S en el estado, la tarea para mantener los recursos de una manera sustentable, al tiempo que se brinda una grata experiencia a los visitantes y se aplican estrategias de gestión, se ha convertido en un reto para los directivos del Parque Nacional.

Los administradores del recurso pueden sentirse abrumados por la responsabilidad de mantener sano el sitio, al tiempo que se proporciona experiencias de calidad a los turistas. Es difícil establecer un número grande con respecto a la capacidad de carga de las localidades, sin exponer el ecosistema al deterioro general y además intentar ponerlo en un contexto manejable. Gran parte de la gestión de recreación ha sido construido tradicionalmente alrededor del marco del concepto de Capacidad de Carga. La Capacidad de Carga tiene por objeto hacer frente a la cantidad y tipo de uso que un área puede sostener con el fin de mantener la salud ecológica mientras que proporciona oportunidades para experiencias gratificantes a los visitantes (Hof y Lime, 1997). Todos los principales recursos para la recreación en la actualidad requieren de estrategias de gestión con base en este concepto. A pesar de que la Capacidad de Carga es a veces difícil de alcanzar o conceptualizar, los administradores pueden proteger un ecosistema mediante el establecimiento de buenos indicadores y monitoreando los niveles de salud de un sistema, y posteriormente vigilar que no se produzcan impactos perjudiciales de manera excesiva sobre el recurso.

Complementariamente, para el establecimiento de estos límites se debe considerar el requerimiento de localización del sitio de visita y el conocimiento técnico sobre la real y verdadera capacidad de soporte del número de turistas de SCUBA. Así como considerar que cada uno de los ecosistemas representativos de cada sitio seleccionado, tiene una dinámica trófica natural, establecida y construida a través del tiempo, sobre la base de los procesos naturales característicos del área (Del Monte-Luna *et al.*, 2004). De igual manera, esta distribución de carga turística por sitio de visita, debe ser establecida en relación a las variaciones estacionales y/o espaciales sobre la composición de especies y su disponibilidad natural con base en los

procesos bio-ecológicos de las especies residentes en el área (permanentes o temporales).

Por otro lado, se debe poseer pleno conocimiento sobre la estrategia de cómo se desarrollan las actividades durante las visitas, para lo cual se requiere de la implementación y seguimiento de un manual de procedimientos y/o normativas a ser cumplidos tanto por los operadores turísticos, guías, tripulación, como por los visitantes. Simultáneamente, se requiere el establecimiento de un plan de seguimiento o sistema de monitoreo de las actividades y los procesos que se presentan, enlazados con indicadores de tipo biofísicos (efectos del daño por fragmentación), bio-ecológicos (efecto buzo/organismos/sitios, reacción de los organismos), de manejo (cumplimiento de las normativas, comportamiento de los turistas) y sociales. Toda esta información debe guardarse en una base de datos, que debe ser procesada y analizada constantemente, para reforzar o cambiar las estrategias inicialmente planteadas.

El éxito de la actividad, tanto su operación como el manejo para mantener el equilibrio económico-ecológico-social del PNCP en el tiempo, depende de una serie de procesos. Uno de ellos, tal vez uno de los más básicos pero de mucha importancia, lo constituye la manera en la que se ofertan los servicios de buceo por parte de los operadores turísticos locales y las conductas de los guías que acompañan a los grupos de visitantes. Alternativas sobre la administración de las actividades de los turistas en la temporada turística anual (estación alta y estación baja) deben ser consideradas y presentadas como una especie de plan de contingencia. Así se lograría satisfacer la necesidad de servicios por parte de los operadores y se estaría cumpliendo adecuadamente y contribuyendo con el uso y manejo racional de los recursos naturales de la Parque Nacional Cabo Pulmo.

Por otra parte, el establecimiento de un plan de monitoreo constante de los sitios de uso turístico en el PNCP es de vital importancia, ya que la validez sobre la cifra estimada de capacidad de carga depende directamente de la fluctuación en los recursos biológicos y no solo de la fluctuación turística.

## Conclusión

El rápido crecimiento del turismo en las comunidades costeras en Baja California Sur hace que la implementación de estrategias de manejo para evaluar la tolerancia de los ecosistemas a los impactos derivados de la actividad turística sea una cuestión primordial en la actualidad para la prevalencia de los recursos naturales en el estado. Con el objeto de apoyar a las decisiones de manejo en el Parque Nacional Cabo Pulmo, este trabajo estimó la capacidad de carga de los sitios de buceo dentro del PNCP.

Este trabajo representa el primer esfuerzo por conocer la capacidad de carga del PNCP. Hasta antes de la realización de este estudio solo existían registros del número de usuarios basados en el pago de derechos. Nuestros resultados señalaron que la intensidad de uso actual de buceo SCUBA y snorkel se encuentra dentro de un margen sustentable, es decir, el daño infringido por el buceo tiene un efecto mínimo o nulo en la salud del arrecife en Cabo Pulmo. Los datos sobre la percepción de los usuarios nos llevaron a concluir que la opinión de los visitantes depende de distintos factores y por lo tanto es preferible dar prioridad a otros criterios (e.g., porcentaje de cobertura de formas frágiles) para la estimación de la capacidad de carga. Por último, las tasas de impacto del buceo en el PNCP fueron menores que en otros arrecifes, pero esto no indica la ausencia de un daño potencial tanto estético como ecológico.

Por lo tanto concluimos que el indicador de Capacidad de Carga no es un factor “estático” si no, más bien “cinético”, puesto que cambia en función de la dinámica particular del ecosistema y de la influencia de factores externos (antropogénicos o climáticos), así como con respecto a la capacidad de manejo de las autoridades involucradas en la gestión del recurso, por lo cual se le puede considerar una técnica eficaz para el manejo de ecosistemas sensibles a perturbación (arrecifes de coral), pero sin olvidarnos de que su éxito depende del establecimiento de un monitoreo posterior a su determinación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abernethy, V.D. 2001. Carrying capacity: the tradition and policy implications of limits. Ethics in Science and Environmental Politics, 2001: 9-18.
- Alvarez Borrego, S. & J. R. Lara Lara. (1991) The physical environment and primary productivity of the Gulf of California.. En: Dauphin and Simoneit., Editores, "The Gulf and Peninsula, Province of the Californias. America Assoc. of Petroleum Geologist, Memoria 47.". Proporcionar la editorial. pp 555-567 p.
- Alvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla & L. E, Calderón-Aguilera. 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo Reef, Gulf of California. Marine Ecology, 27: 253-262
- Anaya-Reyna, G. 1993. Conservación del arrecife coralino de Cabo Pulmo: avances sobre el proceso de planeación y propuesta de lineamientos de manejo. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, Baja California Sur, México, 100 pp.
- Anaya-Reyna, G. & R. Riosmena. 1996. Macroalgas del arrecife coralino de Cabo Pulmo-Los Frailes, Baja California Sur, México. Revista Biología Tropical. 44:903-906.
- Anaya-Reyna G. y O. Arizpe. 1998. Cabo Pulmo (BCS., Mexico), "The Northern most coral reef in the eastern Pacific Planning for a Marine National Park in Mexico". En: Munro y Willison (eds.). Linking Protected Areas with Working Landscapes Conserving Biodiversity. 231-237 p.
- Anónimo. 1995. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter Parque Marino Nacional, la zona conocida como Cabo Pulmo, ubicada frente a las costas del municipio de los Cabos, Baja California Sur. D.O.F. Tomo DI. No 5.
- Bak-R, P. M., and E. H. Meesters. 1998. Coral population structure: the hidden information of colony size-frequency distributions. Marine Ecology Progress Series, 162: 301–306.
- Bastida Zavala, J. R. 1991. "Previous list of the polychaetes (Annelida:Polychaeta) from Cabo Pulmo-Los Frailes reef, BC Sur". Bull. Mar. Sci. 48:54
- Berg-H, M., Ohman., S, Troeng.,& Olof Linden. 1998. Environmental economics of coral reef destruction in Sri Lanka. Ambio, 27: 627-634.

- Brusca, R. C. Y D. A. Thomson. 1975. "Pulmo reef: the only coral reef in the Gulf of Cali- California". *Marine Science*.1:37-53.
- Bezaury-Creel, J. 2005. Protected areas and coastal and ocean management in Mexico. *Ocean and Coastal Management*, 11: 1016-1046.
- Cesar, H., G. C, Lundin., S. Bettencourt., & J, Dixon. 1997. Indonesian coral reefs- an economic analysis of a precious but threatened resource. *Ambio*, 26: 345-350.
- Chadwick-Furman, N.E. 1997. Effects of SCUBA diving on coral reef invertebrates En: the US Virgin Islands: implications for the management of diving tourism. Proc. 6th Int. Coelen. Biol. pp.91-100.
- Cifuentes, M., C.A.B, J-Mesquita., M, E-Méndez., N, Morales., D, Aguilar., M, Cancino., M, Gallo., C, Jolón., N, Ramírez., E, Ribeiro., E, Sandoval & M, Turcios. 1999. Capacidad de carga turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional el Guayabo, Costa Rica. WWF Centroamérica, Turrialba.
- Cintra-Buenrostro, C. E., H. Reyes-Bonilla y O. Arizpe-Covarrubias. 1998. Los equinodermos (Echinodermata) del arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México. *Revista de Biología Tropical* 46:341-344.
- CNAP. 2006. Metodología para Capacidad de Carga de Visitantes en las Áreas Marinas Protegidas de Cuba. WWF, CNAP, SNAP, PNUD, GEF. 33pp.
- CONANP. 2006. Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Cabo Pulmo. 128 pp. México.
- Del Monte-Luna, P., B, Brook., M, Zetina-Rejón & V. Cruz- Escalona. 2004. The carrying capacity of ecosystems. *Global Ecol. Biogeogr*, 13: 485-495.
- Dearden, P., M, Bennett & R, Rollins. 2006. Implications for coral reef conservation of diver specialization. *Environmental Conservation*, 33: 353-363.
- Dixon, J. A., L, Fallon-Scura., & T, van't Hof. 1993. Meeting ecological and economic goals-marine parks in the Caribbean. *Ambio*, 22: 117-125.
- Gallo, F., A, Martínez & J. I, Ríos. 2001. Capacidad de carga de visitantes en áreas de buceo de San Andrés Isla, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira.  
7 pp

- García-Madrugal, M.S. 1999. Anomuros (Anomura) del arrecife de Cabo Pulmo-Los Frailes y alrededores, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 47(4): 923-928.
- García-Madrugal, M.S. & J.R. Bastida-Zavala. 1999. Cangrejos braquiuros (Brachyura) del arrecife de Cabo Pulmo-Los Frailes y alrededores, Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 47(1-2): 123-132.
- Green, E., Donnelly R. (2003) Recreational SCUBA diving in Caribbean marine protected areas: Do users pay? *Ambio* 32, 140–144.
- Harriot, V. y Banks, S. (1997) «Recreational Diving and its Impact in Marine Protected Areas in Eastern Australia. *Ambio*, (26)3, pp. 173-179.
- Hawkins, J. P., & C. M, Roberts. 1997. Estimating the carrying capacity of coral reefs for scuba diving. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 2: 1923-1926.
- Hawkins, J. P. y Roberts, C. M. (1992) «Effects of recreational SCUBA diving on fore-feet slope communities of coral reefs». *Biological Conservation*. 62, pp. 171-178.
- Hawkins, J. P. y Roberts, C. M. (1993a) «Can Egypt's coral reefs support ambitious plans for diving tourism?» en *Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium*, Vol. 2, pp. 1007-1013. University of Guam Press. Guam.
- Hawkins, J. P. y Roberts, C. M. (1993b) «Effects of recreational diving on coral reefs. Trampling of reef-flat communities». *Journal of Applied Ecology*, 30, pp. 25-30.
- Hawkins, J. P., C. M, Roberts., T, van't Hof., K, de Meyer., J, Tratalos., & C, Aldam. 1999. Effects of recreational SCUBA diving on Caribbean coral and fish communities. *Conservation Biology*, 13: 888-897.
- Hof, M., & D.W, Lime. 1997. Visitor Experience and Resource Protection framework in the National Park System: Rationale, current
- Inglis, G. J., Johnson, V. I., & Ponte, F. (1999). Crowding norms in marine settings: A case study of snorkeling on the Great Barrier Reef. *Environmental Management*, 24, 369–381.

- Jameson, S., M, Ammar., E, Saadalla., H, Mostafa., & B, Riegl .1999. A coral damage index and its application to dive sites in the Egyptian Red Sea. Coral Reefs, 18: 333-33
- Kanagas, P., M, Shave., & P, Shave. 1995. Economics of an ecotourism operation in Belize. Environmental Management 19: 669-673.
- Kerstitsch, A. 1989. Sea of Cortez marine invertebrates. A guide for the Pacific coast Mexico to Ecuador. Sea Challengers. Monterrey, CA., pp: 108-109
- Knowlton, N. 2001. "The future of coral reefs" en Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States. (98)10, pp. 5419-5425.
- Liddle, M. & A. Kay. 1987. Resistance, survival, and recovery of trampled corals on The Great Barrier Reef. Biological Conservation 42: 1-18.
- Lirman, D., P. W Glynn., A. C Baker., & G. E. Leyte-Morales. 2001. Combined effects of three sequential storms on the Huatulco coral reef tract, México. Bull. Mar. Sci., 69: 267–278.
- López-Pérez RA, Mora-Pérez MG, Leyte-Morales GE (2007) Coral (Anthozoa: Scleractinia) recruitment at Bahías de Huatulco, Western México: Implications for coral community structure and dynamics. Pac Sci 61 (3): 355-369
- Marshall, P. A. 2000. Skeletal damage in reef corals: relating resistance to colony morphology. Marine Ecology Progress Series, 200:177–189.
- Martínez Olguín, E., L. Segura Vernis y O.C. Arizpe. 1992. Los foraminíferos recientes del único arrecife coralino del Golfo de California. Resumen del IV Congreso de la Asociación de Investigadores de Mar de Cortés. U.A.B.C.S/ I.I.B. Ensenada. 62 pp.
- McField, M., & P, Kramer. 2007. Healthy reefs for healthy people. Smithsonian Press, Washington.228 pp
- Medina-Rosas P, Carriquiry JD, Cupul-Magaña, AL (2005) Reclutamiento de Porites (Scleractinia) sobre sustrato artificial en arrecifes afectados por el Niño 1997-98 en Bahía Banderas, Pacifico Mexicano. Cien. Mar. 31 (1A): 103-109
- Medio, D., Ormond, R. F. G., & Pearson, B. (1997). Effects to corals by scuba divers. tralian Institute of Marine Science. Biological Conservation, 79(1), 91–95.

- Meesters, E., M, Noordeloos., & R, Bak. 1994. Damage and regeneration: links to growth in the reef-building coral *Montastrea annularis*. Mar.Ecol.Prog.Ser., 112: 119-128.
- MPA STAFF. 2004. Assessing the Carrying Capacity of MPAs: How Many Visitors Can Your MPA Hold? MPA News, 6(2): 1-4.
- Pomeroy, R.S., J.E. Parks., & L.M. Watson. 2004. How is your MPA doing? A guide book of natural and social indicators for evaluating marine protected area management effectiveness. International Union for Conservation of Nature, Glandand Cambridge.
- Ramírez Coredero, Clemente Alejandro. 2008. Uso ecoturístico y capacidad de carga de buceo en las Islas Marietas y Los Arcos, Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Licenciado en Biología. CUCBA. Universidad de Guadalajara. 94 p.
- Reyes-Bonilla H. 1993a. Biogeografía y ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. En: Salazar-Vallejo I. S., & N. E. González (Eds.), Biodiversidad marina y Costera de México (pp. 207-222). México: Comisión Nacional de Biodiversidad/Centro de Investigaciones de Quintana Roo.
- Reyes-Bonilla H. 1993b. Estructura de la comunidad, influencia de la depredación y biología poblacional de corales hermatípicos en el arrecife de Cabo Pulmo, BajaCalifornia Sur. Tesis Maestría, CICESE, Ensenada, B.C.
- Reyes-Bonilla, H., F. Sinsal Duarte y O. C. Arizpe Covarrubias. 1997. Gorgonias y corales pétreos (Anthozoa: Gorgonacea y Scleractinia) de Cabo Pulmo, México. Rev.Biol. Trop. 45(4): 1439-1443
- Reyes-Bonilla, H. y L. E, Calderón-Aguilera. 1999. Population density, distribution and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo Reef, Gulf of California, Mexico. Marine Ecology Progress Series, 20: 3-4.
- Reyes-Bonilla H, Calderón-Aguilera LE (1994) Parámetros poblacionales de *P. panamensis* (Anthozoa: Scleractinia) en el arrecife de Cabo Pulmo, México. Rev Biol Trop 42:121-128

- Reyes-Bonilla H, Carriquiry JD, Leyte-Morales GE, Cupul-Magaña AL (2002) Effects of the El Niño-Southern Oscillation and the anti-El Niño event (1997-1999) on coral reefs of the western coast of Mexico. *Coral Reefs* 21:368-372
- Rielg, B., & A. P, Cook. 1995. Is damage susceptibility linked to coral community structure? A case study from South Africa. *Beitrage zur Palaontologie*, 20: 65-73.
- Robinson, J. y A. A. Thomson. 1992. Status of the Pulmo Coral Reefs in the lower Gulf o California. *Environ. Conserv.* 19: 261-264
- Rogers, C. S. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Mar.Ecol. Prog.*, Ser. 62: 185-202.
- Rouphael, A. B., & J. G, Inglis. 1997. Impacts of recreational SCUBA diving at sites with different reef topographies. *Biological Conservation*, 82: 329-336.
- Salm, R. V. 1985. Integrating marine conservation and tourism. *Intl. J. Env. Stud.* 25: 229-238
- Salm, R. V. 1986. Coral reefs and tourist carrying capacities: the Indian Ocean Experience. *UNEP Ind. Environ*, 9: 11-14
- Santander, L. C., & E. Propin. 2009. "Impacto ambiental del turismo de buceo en arrecifes de coral". *Cuadernos de Turismo* 24. Universidad de Murcia. Murcia, España. pp. 207-227. pp. 275-279.
- Schleyer, M. H., & B. J, Tomalin. 2000. Damage on South Africa coral reefs and assessment of their sustainable diving capacity using a fisheries approach. *Bulletin of Marine Science*, 67: 1025-1042.
- Scura, L. F., T. van't Hof. 1993. The Ecology and Economics of Bonaire Marine Park. The World Bank Environment Department Divisional Paper No. 1993-44, 48 p.
- Serour, R. K. 2004. An environmental economic assessment of the impacts of recreational scuba diving on coral reef systems in Hurghada, the Red Sea, Egypt. MS Thesis, Department of Biological Resources Engineering, University of Maryland, College Park. 63 pp

- Souza-Melo, R., M. C, Crispim., E, Rodriguez-Viana de Lima., & A. Kioharu-Nishida. 2006. Estimativa da capacidade de carga recreativa dos ambientes recifais da Praia do Seixas (Paraíba-Brasil). *Turismo – Visão e Ação*, 8(3): 411-422.
- Squires, D.F. 1959. Results of the Puritan American Museum of Natural History Expedition to Western Mexico. 7.7. Coral and coral reefs in the Gulf of California. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 118(7): 367- 432
- Tratalos, J.A., & T.J. Austin (2001). Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation* 102: 67-75.
- Van Treeck, P., & M, Eisinger., 2008. Diverting pressure from coral reefs: Underwater Parks as a Means of Integrating Development and Reef Conservation. Chapter 8. En: B. Garrod and S. Gössling (Eds.) *New Frontiers in Marine Tourism: Diving Experiences, Sustainability, Management*. Elsevier. Amsterdam.
- Veron, J. E.N. 2000. *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Villarreal Cavazos, A., H. Reyes Bonilla., B. Bermúdez Almada y O. Arizpe Covarrubias. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México: Lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. *Rev. Biol. Trop.* 48(2/3): 413-424
- Vine, P. J. 1974. Effects of algal grazing and aggressive behavior of the fishes *Pomacentrus lividus* and *Acanthurus* shoal on coral-reef ecology. *Mar. Biol.* 24: 131-136.
- Wielgus, J., N. E, Chadwick-Furman., N, Zeitouni., M, Shechter. 2003. Effects of coral reef attribute damage on recreational welfare. *Mar Resour Econ*, 18: 225–237.
- Zakai, D., O, Levy., & N. E, Chadwick-Furman 2000. Experimental fragmentation reduces sexual reproductive output by the reef building coral *Pocillopora damicornis*. *Coral Reefs*, 19: 185-188.
- Zakai, D., & N. E, Chadwick-Furman. 2002. Impact of intensive recreational diving on reef corals at Eliat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, 105: 179-187.

**Anexo I (Encuesta visitantes)**



Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas  
Instituto Politécnico Nacional



Universidad de Guadalajara

Estimado visitante. Esta encuesta forma parte de un estudio en desarrollo por dos instituciones mexicanas de educación superior, cuyo objetivo es conocer las características de los usuarios que visitan el Parque Nacional Cabo Pulmo, el tipo de actividades que realizan y la calidad de su experiencia. La información será transmitida en forma de recomendaciones formales que fundamenten mejor las acciones de manejo de las autoridades del parque. Le solicitaríamos algunos minutos de su tiempo para contestar las preguntas, y agradecemos sinceramente su interés en la conservación de esta maravilla natural.

Dear visitor: This poll is part of a study in progress conducted by two Mexican institutions of higher education. Its objective is to identify the characteristics of the users of the Cabo Pulmo National Park, the kind of activities they carry out, and the quality of their experience. The information will be translated into formal recommendations to the park authorities in order to better implement their management actions. We would like to ask for a few minutes of your time to answer these questions, and thank you for your interest in the conservation of this natural wonder.

**LUGAR/SITE:** \_\_\_\_\_ **FECHA/DATE**\_\_\_\_\_

**FOLIO/INTERVIEW No.**\_\_\_\_\_

1. **Gender/Sexo:** Male/H Female/M

2. **Age / Edad:**

Younger than/menor de 18 \_\_\_\_ 19- 29 \_\_\_\_ 30- 40 \_\_\_\_ 41-50\_\_\_\_ otro \_\_\_\_

3. **Where do you come from?/Lugar de procedencia:**

4. **How did you hear about the park?/¿Cómo se enteró de este parque?**

5. **Agency name / Nombre de la agencia que lo trajo**

6. **Which activities did you perform?/¿Qué actividad realiza durante su visita?**

Scuba dive/Buceo

Snorkeling/Snorkeleo

7. **What was the name of the site where you went?/ ¿A qué lugar lo llevaron?**

8. **If you chose SCUBA dive, what is your certification level?/¿Qué certificación de buceo tiene?**

9. **How often have you done this activity previously?/¿Con qué frecuencia ha realizado esta actividad con anterioridad?**

Never/Nunca

once/una vez

twice/dos veces

three times/tres more than

3/más de 3 veces

10. **Have you performed this activity here before?/¿Había realizado esta actividad en este lugar anteriormente?** Si No

11. **If you chose SCUBA dive, how many immersions did you do? / Cuantos buceos realizó:**

\_\_\_\_\_

**12. How would you rate your skills?/¿Cómo considera sus habilidad para el buceo?**

Very good/Muy buena      good/buena      acceptable/acceptable      bad/mala      I  
have no skills/no tengo habilidad

**13. Did the guide give you a briefing before the activity?/¿Le dieron información antes de su buceo?**

Yes/si      no

**14. Did the guide take care of you? / ¿El guía estuvo al pendiente de usted?**

Yes/si      No

**15. Did you know the park regulations?/¿Conocía los reglamentos del parque?**

Si      No

**Where did you get that information?/¿Dónde obtuvo esa información?**

Señalamientos      folletos del parque      empresa de buceo      otro

Signs      National Park brochures      your agency      other

**16. Were you aware which activities were permitted and which were forbidden?/¿Tenía conocimiento de las actividades permitidas y prohibidas dentro del parque?**

Si      No

Yes      No

**17. How would you rate your knowledge of the reefs?/¿Cómo calificaría su conocimiento sobre los arrecifes?**

Muy bueno      bueno      acceptable      malo      no tengo conocimiento

Very good      good      acceptable      bad      I have no knowledge

**18. Would you attend a slide show giving information about the reefs in your hotel?/¿Atenderían algún taller donde se ofrezca mayor información acerca de los arrecifes en su hotel?**

Yes/Si      No

19. **What interested you the most when visiting the reef?/¿Qué les interesó más de su visita?**

Peces	corales	ambos	otra cosa
Fish	corals	both	other

20. **Did you see what the guide said you would see?/¿Vio lo que le dijeron que vería?**

Yes/Si          No

21. **How do you perceive the amount of visitors to the site?/¿Cómo percibe la cantidad de visitantes?**

La cantidad justa	muchos	pocos
Right amount	too many	too few

22. **How do you perceive the condition of the coral reef?/¿Cómo percibió las condiciones del arrecife?**

Muy saludable	buena	acceptable	regular	pobre
Very healthy	good	acceptable	regular	poor

23. **Could you identify a reason for your perception that the reef was not healthy?/¿Qué razones identifica para decir que el arrecife no es saludable?**

Pocos peces too few fish	pocos corales too few corals	no muchos peces grandes too few large fish
muchos corales dañados too many damaged corals		

24. **How would you rate your experience?/¿Cómo califica su experiencia?**

My buena	solo buena	acceptable	regular	mala
Very good	just good	acceptable	regular	bad

## Anexo II (Cuestionario evaluación administración del PNCP)

Relación para establecer la una aproximación a la capacidad de manejo del PNCP.

Para la valoración de cada criterio (estado, Localización y funcionalidad) utilizar la siguiente escala:

**Estado:** se entiende por las condiciones de conservación y uso de cada componente, como su mantenimiento, limpieza y seguridad, permitiendo el uso adecuado y seguro de la instalación, facilidad o equipo.

**Localización:** se entiende como la ubicación y distribución espacial apropiada de los componentes en el área, así como la facilidad de acceso a los mismos.

**Funcionalidad:** este criterio es el resultado de una combinación de los dos anteriores (estado y localización), es decir, la utilidad práctica que determinado componente tiene tanto para el personal como para los visitantes.

Porcentaje de valoración	Valor	Calificación
≤35%	0	No satisfactorio
36 – 50%	1	Poco satisfactorio
51 – 75%	2	Medianamente satisfactorio
76 – 89%	3	Satisfactorio
≥90%	4	Muy satisfactorio

Ejemplo:

Infraestructura	Cantidad actual	Cantidad óptima	Estado	Localización	Funcionalidad
Sala de juntas	1	1	50%	100	80%

Esto es, cantidad actual es la óptima, sin embargo su estado es poco satisfactorio (sillas diferentes, mesas no adecuadas, etc), su localización es muy satisfactoria porque se encuentra en un espacio exclusivo para ello en la oficina administrativa y su funcionalidad es satisfactoria porque cuenta con el espacio adecuado, ventilación y acústica para llevar a cabo de buena manera las reuniones de trabajo.

<b>Infraestructura</b>	<b>Cantida d actual</b>	<b>Cantida d óptima</b>	<b>A/ B</b>	<b>Estad o</b>	<b>Localiza ción</b>	<b>Func</b>	<b>Sum</b>	<b>S/16</b>
Oficina administrativa								
Centro de información de visitantes								
Sala de juntas								
Área de estacionamiento								
Bodega								
Área de lavado de equipo								
Taller								
Señalización en calles								
Boyas de amarre								
Promedio								
<b>Equipo</b>	<b>Cantida d actual</b>	<b>Cantida d óptima</b>		<b>Estad o</b>	<b>Localiza ción</b>	<b>Funcional idad</b>		
Embarcaciones								
Vehículos terrestres								
Radios								
GPS								
Binoculares								
Tanques de buceo								
Chaleco compensador (BCD)								
Reguladores de buceo								
Consola de buceo								
Octopus								
Computadoras de buceo								
Cámara subacuática								
Equipo oxígeno emergencia								
Chalecos salvavidas								
Señales emergencia (bengalas)								

Extintores								
Botiquín primeros auxilios								
Computadoras								
Impresoras								
Copiadora								
Internet								
Teléfono								
Videoprojector								
Pantalla								
LapTop								
Pintarrón/Pizarrón								
Rotafolio								
Archiveros								
Libreros								
Escritorios								
Promedio								

<b>Personal</b>	<b>Cantidad actual A</b>	<b>Cantidad requerida B</b>	<b>A/B</b>	<b>C/4</b>	<b>Escolaridad</b>	<b>Experiencia</b>
Director						
Subdirector						
Administrador						
Jefe de programa						
Oficiales Monitoreo						
Guardaparques						
Capitán						
Educación ambiental						
Gestión, impacto ambiental y programas comunitarios						
Comunicación						
Atención a usuarios						
Promedio						

**Capacidad de Manejo = = %**