



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ABUNDANCIA DE
LAS ANÉMONAS (Cnidaria: Anthozoa) *Condylactis
gigantea*, *Bartholomea annulata* y sus camarones
simbiontes *Periclimenes pedersoni*, *P. yucatanicus*,
Alpheus armatus y *Thor amboinensis* (Crustacea:
Decapoda:Caridea) EN LA COSTA DEL CARIBE
MEXICANO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ALEJANDRA IRASEMA CAMPOS SALGADO



DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Nuno Simões

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mi familia: Mami gracias por tu gran ejemplo, eres una guerrera, siempre luchando y logrando tus propósitos. Me has inspirado mucho en la vida para seguir y seguir. Te amo!.

Papi por tu gran apoyo cuando decidí irme a Sisal, por los consejos que me guiaron en este proyecto, nunca olvidaré tu compañía. Te quiero!

Lalo y Jesu, los adoro muchísimo hermanitos, soy muy feliz al tenerlos y compartir la vida con ustedes, gracias por creer en mi.

Un especial agradecimiento desde el fondo de mi corazón a Pedro, mi gran pareja en este viaje Sisaleño, tu apoyo y amor hicieron que este proyecto fuera realmente dichoso. Te Adoro Pecosito.

A mi Abuelita Queta, Tía Lilí, Lilí y Luisito, por siempre recibirme con gusto y por el apoyo de siempre.

A mi pequeña Kirikou, por llenarme de alegría durante esta gran experiencia, eres la perruna más hermosa de todo el mundo.

A la Familia Westendarp-Ortega por adoptarme y quererme tanto, les agradezco todos y cada uno de sus gestos de amor.

A la Elis hermosa, por todos los increíbles momentos que compartimos en nuestro pueblito costero, por tu apoyo e impulso en este trabajo. Pe te quiero con todo mi corazón, vámonos otra vez ¿no?.

A mi hermana Pili, por que me has demostrado que la amistad no tiene límites, a tu lado el mundo es verde, amarillo, rojo y sobre todo azul!. Sapita bonita eres fresca como el mar, que gusto estar cerca de ti... ropopopoir.

A mi Quetza, por tu solidaridad de siempre acompañada de una buena dosis de amor, amiga es un gusto haberte conocido en esta experiencia, tus palabras siempre son sabias.

A mi super rumi, Vani eres increíble, sabes lo mucho que te quiero y lo feliz que he sido viviendo contigo.

A Alex Farah por tu gran amistad en tiempos de alegría y felicidad, a pesar de la distancia siempre estuviste cerca y eso siempre lo recordaré. Por hacerme sentir tu incondicionalidad.

A Mamadou porque eres un sol, por tus super visitas a mi casita playera, por los grandes momentos juntos. Alex y Mam, ustedes siempre me incentivaron a ver para adelante, los quiero.

A mis amados Carlo e Ivan (rumis virtuales), gracias por su increíble amor, por su gran impulso, por creer en mí, por estar siempre cerca. Por las inolvidables despedidas junto con Efra: Una veeez más!. Los adoro mis niños.

A Rafa, Efra y Mich, porque con su visita me dieron una brisa de frescura, nos sumergimos en una super aventura que me dio más de una sonrisa!

A la banda Sisaleña: Cat, Nadia, Jaz Deneb, Chava, Oscar, Felipe, Elis, Quetza, Carlos, Peco sin ustedes esta aventura no hubiera sido tan increíble. Gracias

A Ceci y Ousc, porque aunque pasen los años y cada uno tome su camino, siempre estaremos ahí, con un cariño enorme y especial.

Al super Gil y Silvia, porque ustedes son una de las muestras de que solidaridad y amistad existen, gracias amigos.

A la Familia Hernández por adoptarnos a toda la banda cual hijos, Doña Geni muchísimas gracias!.

A la banda Pata Negra, Dany eres otro sol y una gran amiga, de aquí para siempre estaremos cerca!, Clementina, gracias por ser tan buena amiga-partner, a Chris, Neto, Alán por las buenas pláticas de las cuales aprendí mucho y toda la banda increíble que me acompañó en esta etapa alocada, un agradecimiento al Juaco, Pikis , Zenen, Lalo y Paco.

A Pau Pau y a mi rumi Isaac porque han sido un gran apoyo en estos últimos tiempos.

A mis amigos Liliana Mojica y Luis Erantzcani por estar siempre presentes.

Agradecimientos

A mi asesor, el Dr. Nuno Simões por contagiarme su gran entusiasmo por conocer y ver con nuestros propios ojos una parte del mundo subacuático, por sus ideas e hipótesis que me hicieron reflexionar mil veces sobre los fenómenos que observamos y por supuesto por su guía en la realización de mi tesis. Gracias también por la motivación para realizar otros proyectos así como el apoyo de siempre en mi vida personal.

A la Dra. Maite Mascaró por su gran aporte con la estructuración, desarrollo y análisis de este trabajo así como su apoyo incondicional en todos los aspectos académicos y personales. Maite te respeto muchísimo y te quiero. Gracias por todo.

Al Dr. Xavier Chiappa por brindarme el mejor de los apoyos, siempre con una sonrisa en la cara, por creer en mis proyectos durante mi estancia en Sisal así como por ser un buen amigo.

A Luis Enrique Hidalgo Arcos y Alfredo Gallardo por su valioso apoyo con la organización y realización de las salidas de campo. Quique nunca olvidaré el empeño que tuviste en la realización de los muestreos.

A la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales (Puerto Morelos), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. A la Dra. Brigitta van Tussenbroek gracias por el apoyo con equipo, embarcación y asesoría en los arrecifes por parte del M.C. Fernando Negrete Soto, M.C. Amada Cecilia Barradas Ortíz.

Gracias a la disposición y apoyo otorgado por la CONANP para la realización de los muestreos:

Al **Parque Nacional Isla Contoy**, al Director Dr. Jaime González Cano y a la Subdirectora Biól. Adriana Amador González, por su colaboración con la logística de la primera salida así como con el hospedaje en la Isla Contoy.

Al **Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc**, especialmente al Subdirector Juan Carlos Huitrón Baca por el apoyo con transportación en embarcaciones del Parque a los sitios de prospección y muestreo en Isla Mujeres y Punta Nizuc, apoyo de tanques de buceo con todo y carga de aire así como al Biol. Roberto Ibarra por la guía, asesoría y orientación en los arrecifes.

Al **Parque Nacional Arrecifes de Cozumel**, Director Lic. Robert Cudney Bueno, Subdirector Biol. Ricardo Gómez Lozano por el apoyo con embarcación, personal y tanques de buceo, al Biol. Abelardo Brito por su gran apoyo en nuestra salida a este parque.

A la **Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y Arrecifes de Sian Ka'an**, al Director Ing. Francisco Ursúa Guerrero y al Subdirector Biol. Omar Ortiz Moreno por el apoyo brindado con hospedaje, con embarcación y capitán en Punta Allen así como en el Centro de Visitantes.

A la **Reserva de Arrecifes de Xcalak**, Directora María del Carmen García Rivas, Subdirectora Biol. María Daniella Guevara Muñoz por el apoyo proporcionado, desde la ayuda con las prospecciones, el alojamiento en la estación y la asesoría proporcionada por el personal del Parque, especialmente agradecemos al Biol. Rafael por su apoyo con los muestreos.

Gracias a estas facilidades que nos proveyó la CONANP fue posible muestrear en snorkel y buceo Scuba las áreas necesarias para la colecta de datos correspondiente a esa zona del Caribe mexicano.

Al Equipo de Buceo de Ciencias, por ser mi primera escuela de buceo así como pilar en mi formación en esta disciplina. A la colaboración de Biol. Manuel Oseguera

por incondicional apoyo en las salidas de campo y sus valiosas fotografías que nos ayudan a presentar los resultados de este trabajo, gracias a la Biol. Silvia Hinojosa por su apoyo en la primera salida de prospección.

A mis compañeros que nos apoyaron en los muestreos, Pedro Westendarp, Andrés Altamira, la Biol. Cecilia González y la Biol. Catarina Cucio, así como al Dr. Goncalo Calado.

A todos los capitanes que nos acompañaron en estos muestreos, especialmente a Inocencio y a Fredy que siempre mostraron una gran disposición.

Al Dr. Ernesto Arias por sus consejos académicos y a Gilberto Acosta por su gran amistad y apoyo en la realización de este trabajo.

A Global Vision International por las facilidades que nos otorgaron con el llenado de tanques durante nuestros muestreos en Sian Ka'an.

A la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM, Sisal, Yucatán, la cual brindó el apoyo de material para realizar los muestreos además de ser el lugar en donde fue realizado todo el trabajo teórico en el marco del proyecto de investigación científica: "Aspectos ecológicos y conductuales de la relación simbiótica entre camarones carídeos del Caribe mexicano y sus anémonas hospederas", DGAPA, UNAM (Clave IN216506 PAPIIT) .

A la Dra. Andrea Sáenz-Arroyo, Irene Pisanty y Jazmín Ortigoza por su excelente disposición al revisar esta tesis, siempre con buenos aportes, les agradezco mucho queridas sinodales.



Sian Ka'an
RESERVA DE LA BIOSFERA



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	VII
LISTA DE TABLAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XIV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 ANTECEDENTES	5
2.1 Área de estudio.....	5
2.2 Descripción de especies de interés.....	7
2.2.1 <i>Bartholomea annulata</i> Le Sueur, 1817	7
2.2.2 <i>Condilactys gigantea</i> (Weinland, 1860).....	9
2.2.3 <i>Alpheus armatus</i> M. J. Rathbun, 1901	11
2.2.4 <i>Periclimenes pedersoni</i> Chace, 1958.....	13
2.2.5 <i>Periclimenes yucatanicus</i> (Ives, 1891).....	16
2.2.6 <i>Thor amboinensis</i> (De Man, 1888).....	17
3 OBJETIVOS.....	20
3.1 Objetivo General	20
3.2 Objetivos Particulares	20
4 METODOLOGÍA	21
4.1 Selección de los sitios de muestreo.....	21
4.2 Registro de datos	22
4.3 Análisis de Datos	25
4.3.1 Regionalización	25
5 RESULTADOS.....	36
5.1 Microhábitat.....	36
5.2 Efecto de la profundidad en la abundancia de anémonas	40
5.2.1 Escala Caribe Mexicano.....	40
5.2.2 Escala Regional.....	41

5.3	Distribución y abundancia de anémonas y camarones	43
5.3.1	Abundancia de anémonas Escala Caribe Mexicano.....	49
5.3.2	Abundancia de anémonas Escala Regional	50
5.4	Asociaciones camarón-anémonas	53
5.4.1	Escala Caribe Mexicano.....	53
5.4.2	Escala Regional.....	54
5.4.3	Abundancia regional de anémonas con camarones	56
5.5	Efecto del tamaño de la anémona en el número de simbioses conespecíficos...58	
5.6	Densidad de camarones en anémonas	61
6	DISCUSIÓN	63
6.1	Microhábitat.....	64
6.2	Distribución y abundancia de anémonas.....	66
6.3	Efecto de la profundidad en la abundancia de anémonas	67
6.4	Asociaciones camarón-anémonas	69
6.5	Efecto del tamaño de la anémona en el número de simbioses conespecíficos...74	
6.6	Abundancia regional de anémonas con camarones.....	77
7	CONCLUSIONES.....	77
8	RECOMENDACIONES PARA LAS ANPS	79
9	LITERATURA CITADA	81
10	ANEXOS.....	88
10.1	Anexo I Tabla de estandarización de tamaños de camarones simbioses.	88
10.2	Anexo II Tabla de registro de datos	89
10.3	Anexo III Mapas detallados de la distribución y abundancia de anémonas y sus camarones simbioses.....	90
10.4	Anexo IV Tabla de datos	123

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Especies asociadas a <i>B. annulata</i> y <i>C. gigantea</i>	9
Tabla 2.2 Especies registradas como hospederos de <i>P. pedersoni</i> , <i>P. yucatanicus</i> , <i>T. amboinensis</i> y <i>A. armatus</i>	19
Tabla 4.1 Fechas y localidades de los muestreos realizados en el Caribe mexicano durante el 2006.	21
Tabla 5.1 Frecuencia relativa de las categorías de microhábitat eliminadas.	36
Tabla 5.2 Resultados estadísticos de la pruebas de independencia parcial realizadas para determinar la asociación entre los factores del microhábitat de <i>B. annulata</i> , la n en las tres pruebas es 1075.	36
Tabla 5.3 Resultados estadísticos de la pruebas de independencia parcial realizadas para determinar la asociación entre los factores del microhábitat de <i>C. gigantea</i> , la n en las tres pruebas es 671.	37
Tabla 5.4. Resultados estadísticos de las pruebas de independencia parcial realizadas para determinar si <i>B. annulata</i> y <i>C. gigantea</i> se asocian de forma diferente a cada estructura y posición en el sustrato Macizo Calcáreo (n= 1117).....	39

Lista de Figuras

- Figura 2.1** Anémona *B. annulata*, se observa las pilas de nematocistos que forman anillos blancos (a), y bandas café (b) que son agrupaciones de dinoflagelados simbioses. Foto del Biol. Manuel Oseguera..... 7
- Figura 2.2** Anémona *Bartholomea annulata* en el interfase roca-arena, en la parte derecha inferior se observa un camarón chasquidor camuflajeado. Foto del Biol. Manuel Oseguera. 8
- Figura 2.3** Anémonas *Condilactys gigantea*. Se observa el camarón *P. yucatanicus* sobre los tentáculos y las variantes de la coloración de las puntas de éstos, de color rosado (derecha) y color verde (izquierda). Foto del Biol. Manuel Oseguera. 11
- Figura 2.4** El camarón chasquidor *Alpheus armatus* en asociación con la anémona *B. annulata*, se observa la diferencia de tamaño entre las quelas. Foto del Biol. Manuel Oseguera. ... 12
- Figura 2.5** Camarón limpiador *Periclimenes pedersoni* en las cercanías de su anémona hospedera *B. annulata*. Foto: Biól. Manuel Oseguera..... 14
- Figura 2.6** Camarón *Periclimenes yucatanicus* en simbiosis con la anémona *Condylactis gigantea*. Foto del Biol. Manuel Oseguera..... 17
- Figura 2.7** Camarón de la especie *Thor amboinensis* sobre una anémona del genero Ricordea. Se observa la conducta de movimiento de el abdomen que le por la que se le hace llamar “sexy shrimp”. Foto David Harasti..... 18
- Figura 4.1.** Ejemplo de la tabla de referencia para la estandarización de tamaños, se indica el límite máximo y el límite mínimo de la categoría mediano. La tabla fue impresa a escala 1:1, la tabla completa se encuentra en los anexos..... 24
- Figura 4.2** Subdivisión de la costa de Quintana Roo en siete regiones con base a los trabajos de (Gutiérrez *et al.* 1995; Gutiérrez *et al.* 2005; Núñez-Lara *et al.* 2005). Cada punto azul es un sitio de muestreo, (#) número de sitios de muestreo por región. 26
- Figura 4.3** Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 2. la morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t)..... 28
- Figura 4.4** Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 5. la morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t)..... 31
- Figura 4.5** Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 6. La morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t)..... 32
- Figura 4.6** Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 7. la morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t)..... 33
- Figura 5.1** Frecuencia relativa (%) del total de individuos de *B. annulata* en los diferentes microhábitats conformados por sustrato (coral muerto pedacera, macizo calcáreo, plataforma calcárea o roca), estructura (C= cueva, G=grieta) y posición (Ar= arriba, Int= interfase, Lat= lateral). No se incluyen las categorías mencionadas en la Tabla 5.1. Los asteriscos marcan las categorías que aportaron los valores de chi cuadrada más altos. .37

- Figura 5.2** Frecuencia relativa (%) de individuos de la especie *C. gigantea* en estructura (C=cueva y G=grieta) y posición (Ar= arriba, Int= interfase, Lat=lateral). Para el análisis han sido eliminadas las categorías de la Tabla 5.1.38
- Figura 5.3** Frecuencia relativa (%) de individuos de la especie *C. gigantea* en los diferentes sustratos. El total no incluye a los individuos en las categorías de la Tabla 5.1.38
- Figura 5.4** Frecuencia relativa (%) de individuos de cada especie de anémona (*B. annulata* y *C. gigantea*) que se observaron en el sustrato macizo calcáreo en las estructuras (C = cueva y G = grieta) y posiciones (Ar = arriba, Int = interfase, Lat = lateral). Del total se han eliminado los organismos de las categorías mencionadas en la Tabla 5.1.39
- Figura 5.5** Profundidad a la que se encontró la frecuencia relativa acumulada de anémonas de las especies *B. annulata* y *C. gigantea* durante los muestreos en el Caribe mexicano en el 2006.40
- Figura 5.6** Profundidad a la que se encontró la frecuencia relativa acumulada de anémonas de las especies *B. annulata* y *C. gigantea* durante los muestreos en el Caribe mexicano en el 2006.42
- Figura 5.7** Mapa de la distribución y abundancia de *A. armatus* y su anémona hospedera *B. annulata*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *A. armatus* con colores. Datum NAD 27.45
- Figura 5.8.** Mapa de la distribución y abundancia de *P. pedersoni* y su anémona hospedera *B. annulata*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *P. pedersoni* con colores. Datum NAD 27.46
- Figura 5.9** Mapa de la distribución y abundancia de *T. amboinensis* y sus anémonas hospederas *C. gigantea* y *B. annulata*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *T. amboinensis* con colores. Datum NAD 27.47
- Figura 5.10.** Mapa de distribución y abundancia de *P. yucatanicus* y sus anémona hospedera *C. gigantea*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *P. yucatanicus* con colores. Sitios en donde se encontró más abundantemente *C. gigantea*: a = Puerto Morelos, b = Xcalak, c = Tulum y d = Mahahual. Datum NAD 27.48
- Figura 5.11** Número de individuos de anémonas *B. annulata* y *C. gigantea* censados por sitio de muestreo. Se representa la mediana (cuadros negros), los percentiles 25% y 75% (cajas), los valores fuera de rango (círculos) y los valores extremos (círculos amarillos). Los valores extremos y fuera de rango fueron calculados con un coeficiente de 1.5.49
- Figura 5.12** Frecuencia bivariada de número de individuos *B. annulata* (n= 1180) y *C. gigantea* (n=900) por sitio de muestreo (n=104). Representa el número de sitios de muestreo (eje Y) en los que se contabilizaron el número de *B. annulata* (eje X) y *C. gigantea* (eje Z). Donde a= número de sitios en donde no se encontró ni *B. annulata* ni *C. gigantea*, b= Sitio en donde se encontró mayor número de *C. gigantea* que de *B. annulata*, c= Sitio en donde se encontró mayor número de *B. annulata* que de *C. gigantea*.50

- Figura 5.13** Individuos de anémonas *B. annulata* y *C. gigantea* censados por sitios de muestreo en las siete regiones del Caribe mexicano. Se representa la media (cuadros negros), la media \pm intervalo de confianza (cajas), la desviación estándar (líneas de dispersión) los valores fuera de rango (círculos) y los valores extremos (círculos negros) Las regiones se encuentran agrupadas por la magnitud de su abundancia media y la varianza: las regiones con media y varianza menores se encuentran agrupadas por una línea verde (—), las de media y varianza intermedia por una línea amarilla(—) y las de media y varianza mayores por una línea roja (—). 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RBSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.52
- Figura 5.14** Coeficiente de variación de la abundancia entre sitios de muestreo para cada región, estimado en cada región independientemente para cada especie de anémona de la especie *B. annulata* (azul) y *C. gigantea* (verde). 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RBSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.53
- Figura 5.15** Porcentaje de individuos de las especies de camarones *A. armatus*, *P. pedersoni*, *P. yucatanicus*, *T. amboinensis* observados en asociación con *Bartholomea annulata*, *Condylactis gigantea* (*Cg*), *Discosoma spp*, *Lebrunia danae*, *Ricordea florida*, *Stichodactyla spp*.54
- Figura 5.16** Porcentaje de camarones de las especies de interés (*A. armatus*, *P. pedersoni*, *P. yucatanicus*, *T. amboinensis*) en asociación con 6 anémonas (*B. annulata* = rojo, *C. gigantea* = verde, *Lebrunia danae* = rosa, *Ricordea florida* = azul claro, *Stichodactyla spp* = azul oscuro, especie no identificada = amarillo).55
- Figura 5.17.** Frecuencia relativa (%) de anémonas *B. annulata* con cero, uno y más de un camarón (0,1 y >1) de las especies *A. armatus*, *P. pedersoni* y *T. amboinensis*, en las 7 regiones del Caribe mexicano. El porcentaje está relativizado al total de anémonas encontradas por región (n).57
- Figura 5.18.** Frecuencia relativa (%) de anémonas *C. gigantea* con cero, uno y más de un camarón (0,1 y >1) de las especies *P. yucatanicus* y *T. amboinensis*, en las 7 regiones del Caribe mexicano. El porcentaje está relativizado al total de anémonas encontradas por región (n).58
- Figura 5.19** Frecuencia relativa (%) de anémonas *B. annulata*, chicas (tonos claros), medianas (tonos intermedios) o grandes (tonos oscuros) en las que se encuentran 0,1, > 1 camarones de las especies *A. armatus* (tonos amarillo-rojo), *P. pedersoni* (turquesa-azul marino) o *T. amboinensis* (verde-café). El total de *B. annulata* fue 1180, 305 chicas, 568 medianas y 307 grandes.60
- Figura 5.20** Frecuencia relativa (%) de anémonas *C. gigantea*, chicas (tonos claros), medianas (tonos intermedios) o grandes (tonos oscuros) en las que se encuentran 0,1, > 1 camarones de las especies *T. amboinensis* (tonos verde-café), *P. yucatanicus* (azul). El total de *C. gigantea* fue 900, 145 chicas, 400 medianas y 355 grandes.61
- Figura 5.21** Densidad promedio por sitio de muestreo de camarones (*A. armatus*, *P. pedersoni* y *T. amboinensis*) en anémonas *B. annulata* en las siete regiones del Caribe mexicano. Para cada especie de camarón se representa por región la mediana (línea punteada), el percentil 25 y 75% y el máximo y el mínimo (barras). En el extremo superior derecho de cada grafica se encuentran los estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis. La n es el número total de sitios de muestreos por región 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RBSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.62
- Figura 5.22** Densidad promedio por sitio de muestreo de camarones (*P. yucatanicus* y *T. amboinensis*) en anémonas *C. gigantea* en las siete regiones del Caribe mexicano. Para cada especie de camarón se representa por región la mediana de los sitio de muestro

(línea punteada), el percentil 25 y 75%, el máximo y el mínimo (barras). En el extremo superior derecho de cada gráfica se encuentran los estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis. 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.....62

Resumen

La adopción del estilo de vida simbiote representa una de las adaptaciones ambientales más importantes de los crustáceos marinos. En los trópicos, las asociaciones simbióticas entre algunos camarones y anémonas de mar son comunes, al recibir los camarones beneficios de esta asociación abandonan la vida libre. Se ha planteado que la ecología de estos simbioses podría estar fuertemente influenciada por la estructura del hábitat y la disponibilidad de condiciones propicias para la presencia de su hospedero. El presente trabajo pretende describir en el Caribe mexicano los aspectos ecológicos de la interacción anémona-camarón así como la distribución geográfica, batimétrica y microhábitat de dos especies de anémonas, *Bartholomea annulata* (Le Seur 1987) y *Condylactis gigantea* (Weinland, 1860) y sus cuatro principales camarones simbioses carideos: *Alpheus armatus* M.J Rathbun, 1901, *Periclimenes pedersoni* Chance, 1958, *P. yucatanicus* (Ives, 1891) y *Thor ambionensis* (De Man, 1888). En los arrecifes de Quintana Roo, se muestrearon, mediante buceo SCUBA, 104 sitios en donde se registró la abundancia de cada especie de anémona, así como la profundidad, sustrato, estructura y posición donde fueron encontradas. De cada camarón, se registró la especie, tamaño, posición relativa y número de individuos por anémona. Para describir los patrones generales los datos se analizaron a escala general (Caribe mexicano) juntando todos los datos colectados y se analizaron a escala regional para descubrir las diferencias geográficas de dichas variables. La regionalización se estructuró con base en trabajos anteriores que describen las características geomorfológicas y ecológicas de los arrecifes de Quintana Roo. En el análisis de los datos se utilizó principalmente estadística no paramétrica para realizar comparaciones entre especies y regiones. Los resultados obtenidos determinaron que el sustrato en el que se encuentran con mayor frecuencia es macizo calcáreo, el cual ofrece una base estable con protección contra las

corrientes. Al analizar la asociación de la frecuencia de las dos especies de anémonas con los componentes del microhábitat (sustrato, estructura y posición) se encontró que se asocian de manera significativamente diferente ya que los requerimientos de estas dos especies son distintos, de la misma manera que sus asociaciones y características morfológicas. También se observaron diferencias en la distribución batimétrica, siendo *C. gigantea* más frecuente en aguas someras que *B. annulata*. Esto se explica por la mayor protección que tiene *C. gigantea* contra los rayos UV. En la mayoría de los muestreos, fue significativamente mayor la abundancia *B. annulata* que la de *C. gigantea*, esta última tuvo una abundancia variable, en algunos sitios se encontró en grandes cantidades, algunas veces en sitios cercanos, la abundancia fue mucho menor. Las estrategias de reproducción, dispersión de larvas y sus características morfológicas podrían explicar las diferencias en las abundancias encontradas. En relación a los camarones simbiontes de estas anémonas se obtuvieron los siguientes resultados: *A. armatus* fue observado en casi todas las regiones asociado exclusivamente con *B. annulata*, las anémonas de mayor tamaño hospedaron con mayor frecuencia parejas de este alpheido. *P. pedersoni* se registró con frecuencia excepto en la región 1: Contoy-Cancún y en la 3: Cozumel, prácticamente siempre asociado con *B. annulata*. El número de camarones por hospedero estuvo relacionado con el tamaño de éste. *P. yucatanicus* se encontró en pocos sitios de muestreo, principalmente en la región 1: Contoy-Cancún y 2: Nizuc-Pto. Aventuras, generalmente asociado con *C. gigantea*, sin embargo fue registrado también con otras dos anémonas hospederas. *Thor amboinensis* fue el único camarón que se encontró en asociación con las dos anémonas estudiadas, generalmente en grupos. Se observó más frecuentemente con *C. gigantea* en todas las regiones, mientras con *B. annulata* fue aumentando la abundancia en el eje latitudinal hacia las regiones del sur. Con estas dos especies de anémonas se encontró una relación entre el tamaño de éstas y el número de individuos por hospedero. Este trabajo constituye la primera descripción

de las principales variables ecológicas de anémonas hospederas y sus camarones simbiontes, contextualizadas en una escala espacial en el Caribe mexicano.

1 INTRODUCCIÓN

En el ambiente marino, algunos taxa presentan afinidad a estar involucrados en asociaciones con otros organismos (Ross 1983). Las especies simbiotes son aquellas que abandonan los hábitat de vida libre para vivir por un periodo prolongado con un organismo de otra especie, el cual es llamado hospedero y es, comúnmente, la especie de mayor tamaño (Bauer 2004). Las diferentes formas de simbiosis son definidas por los costos y beneficios para ambas especies: se llama comensalismo a la relación entre dos especies en donde el simbiote obtiene una ganancia de la asociación, pero el hospedero no obtiene ningún beneficio ni daño (Bauer 2004); por ejemplo, algunas de las especies que habitan en el arrecife son comensales, obteniendo protección y, probablemente, comida de sus hospederos sin causarles ningún daño (Bruce 1975). Por otro lado, cuando la asociación es ventajosa y bilateral se trata de una simbiosis mutualista (Henry 1967). El parasitismo es otro tipo de simbiosis en el que uno de los individuos obtiene una ganancia del hospedero y éste a su vez resulta dañado por él (Henry 1967).

Particularmente, los crustáceos tienen gran variedad de asociaciones simbióticas con otras clases de organismos, destacando entre ellas la que tienen con los cnidarios. La adopción del estilo de vida simbiote representa una de las adaptaciones ambientales más importantes de los crustáceos marinos (Ross 1983). Un ejemplo son las adaptaciones que se reflejan en las estrategias de agregación y monopolización en relación a la distribución y abundancia de hospederos y el potencial de monopolizarlos (Thiel y Baeza 2001). Se han realizado diversas investigaciones relacionadas con la simbiosis de crustáceos, en el Mar Caribe y en el Indo-Pacífico principalmente de la familia Alpheidae, Hyppolitidae y Palaemonidae (Guo *et al.* 1996), Stevens y Anderson (2000) también reportaron asociaciones entre Hyppolitidae y Pandalidae con la anémona *Cribrinopsis fernaldi* en Alaska.

En los trópicos, las asociaciones simbióticas entre algunos camarones y anémonas de mar son comunes (Bruce 1976); los aparentes beneficios para el camarón son la protección contra los potenciales depredadores así como el alimento obtenido del moco y la comida no digerida que regurgita la anémona (Bauer 2004). Los beneficios que obtienen los simbioses del hospedero han contribuido a que, a lo largo de su evolución, surgieran mecanismos que restringen su asentamiento en las especies con las que pueden establecer una relación simbiótica exitosa (Goy 1990). Como ejemplo, podemos citar el caso de las larvas de *Periclimenes pedersoni* y *P. yucatanicus* que metamorfosean al estar en contacto con exudados de sus anémonas hospederas preferenciales, *Bartholomea annulata* y *Condylactis gigantea* respectivamente (Goy 1990).

Las anémonas juegan un papel fundamental en la vida de sus huéspedes pues forman relaciones simbióticas, en algunos casos obligadas (Hanlon *et al.* 1983; Fautin 1991; Crawford 1992; Baeza *et al.* 2001). En estos casos, la ecología de los simbioses podría estar fuertemente influenciada por la estructura del hábitat y la disponibilidad de condiciones propicias para el asentamiento de su hospedero. Un ejemplo de este caso fue estudiado en peces del género *Amphirion* (Pomacentridae), los cuales tienen una relación simbiótica mutualista con *Entacmaea quadricolor* y en que la disponibilidad de esta anémona determina frecuentemente la distribución y abundancia de sus simbioses (Richardson 1999).

Las anémonas son animales sésiles, cuya alimentación depende principalmente del plancton y los fotosintatos de las zooxantelas simbioses (principalmente glicerol). Su distribución espacial está fuertemente determinada por múltiples factores como el tipo de sustrato, el régimen hidrodinámico, la competencia intra o interespecífica, la presencia/ausencia y abundancia de depredadores, la profundidad y la transparencia del agua, entre otros factores (Sebens 1976; Sebens 1982; Day 1994). Cada especie de anémona está influenciada de diferente forma por estos factores, como encontró Barrios-Suárez *et al.* (2002) en el Caribe colombiano. En este estudio, cada especie de

anémona presenta sus propias preferencias en cuanto a la selección de hábitat: algunas se relacionan con la presencia de algunas especies de coral y otras con el paisaje arrecifal general.

También se ha encontrado que la profundidad del hábitat es un factor determinante para la distribución vertical de estos organismos, pues los arrecifes someros pueden ser mejores hábitat para las especies de anémonas que son más dependientes de los fotosintatos producidos por las zooxantelas simbiotes (Dunn 1981; Steen 1988). Los camarones carídeos simbiotes de anémonas juegan papeles importantes dentro de los arrecifes. Se ha planteado que dentro de ellos, algunas especies de camarones están involucrados en el ciclo del nitrógeno, ya que las excreciones de los simbiotes aumentan la concentración de amonio entre los tentáculos de la anémona, lo que aumenta la población de zooxantelas dentro de éstos (Spotte 1996). Otro ejemplo es el del camarón chasquidor *Alpheus armatus*, el cual evita la depredación del poliqueto *Hermodice carunculata* sobre la anémona *B. annulata*. (Smith 1977). Por otro lado las especies de camarones que presentan conducta de limpieza, son considerados como organismos clave para la salud del ecosistema (Mahnken 1972), debido a que consumen parásitos de diversos peces (Grutter 1999). En los primeros estudios hechos en las Bahamas por Limbaugh *et al.* (1961), se observó de forma no cuantitativa que al remover los organismos limpiadores de una sección del arrecife se reducía drásticamente el número de peces. Dichas observaciones coinciden con el estudio de Grutter (2003) realizado en Lizard Island, en el gran arrecife de Australia, donde determinó que la presencia de organismos limpiadores influye en la diversidad de peces transitorios del arrecife.

Muchas de estas especies de camarones carídeos han tomado importancia en el mercado de la acuariofilia, debido a que poseen una coloración conspicua, asociación con anémonas y la conducta de limpieza (Calado *et al.* 2003). Por otro lado, la explotación de las anémonas ha sido muy fuerte debido a que mantienen relaciones simbióticas con varias especies de peces y crustáceos, así como por su longevidad en

cautiverio y aspecto llamativo. En los cayos de Florida, los recolectores de cada embarcación llegan a extraer hasta 400 anémonas *Condylactis gigantea* por día (Wabnitz *et al.* 2003). El valor de la importación mundial de peces e invertebrados para este mercado fue de 20 a 40 millones de dólares en el 2001 (Wood 2001). De acuerdo con la Global Marine Aquarium Database (GMAD), un total de 1,271,547 invertebrados fueron comercializados entre 1998 y 2003 (o 3,071,385 según registros de los importadores entre 1988-2002). México, Indonesia, Singapur, Fiji, Sri Lanka, Filipinas y Vanuatu fueron los principales exportadores (Wabnitz *et al.* 2003). En consecuencia, las especies marinas ornamentales se ven amenazadas, debido a que el 90% de los organismos comercializados se extraen de los arrecifes de coral y el daño por explotación es alto. Anualmente se extraen alrededor de 30 millones de peces y millones de invertebrados, afectando la población de estas especies y los arrecifes por las técnicas destructivas y los cambios ecológicos provocados por la sobre explotación (Wood 2001), la cual inclusive ha provocado la extinción local de algunas especies de anémonas hospederas, como es el caso de *C. gigantea* en Brasil (Gasparini *et al.* 2005). Wood (2001) y Wabnitz *et al.* (2003) remarcan la importancia de poner atención especial a especies vulnerables, desarrollar investigación para posteriormente generar estrategias de conservación que permitan controlar la captura de estas especies, como son el establecimiento de reservas marinas, asignar cuotas de extracción, límites de tamaño y medidas de restricción de acceso a las pesquerías.

Se han desarrollado diferentes investigaciones alrededor de camarones ornamentales y sus anémonas hospederas, principalmente aspectos de la simbiosis anémona-camarón (Williams y Bunkley-Williams 2000); (Gwaltney y Brooks 1994; Spotte 1996), y la relación camarón limpiador-pequeño (Sargent y Wagenbach 1975; Kulbicki y Arnal 1999). En México, existen pocos estudios relacionados con la distribución y abundancia de anémonas y sus camarones simbiotes. Los arrecifes son el principal hábitat de estos organismos y la costa de Quintana Roo alberga la mayoría de estos ecosistemas en nuestro país.

Algunas de las especies de anémonas hospederas de camarones más notables por su abundancia en el Caribe mexicano son *B. annulata* y *C. gigantea* siendo sus camarones simbioses más importantes *Periclimenes pedersoni*, *P. yucatanicus*, *Alpheus armatus* y *Thor amboinensis*. Dada su importancia en los arrecifes, es importante conocer las bases ecológicas que nos permitan desarrollar las recomendaciones de Wabnitz *et al.* (2003) y Wood (2001). El presente trabajo pretende describir los aspectos ecológicos de la interacción anémona-camarón, así como la distribución geográfica, batimétrica, selección y preferencias de sustrato y hábitat de dos especies de anémonas y sus cuatro principales camarones simbioses.

2 ANTECEDENTES

2.1 Área de estudio

El sistema arrecifal del Caribe mexicano constituye la región norte del Arrecife Mesoamericano (Núñez-Lara 2003), se distribuye a lo largo de la costa este de la península de Yucatán, desde 18°00' hasta 21°00'N, en una franja semicontinua de alrededor de 400 km de largo. Los arrecifes forman estructuras bordeantes o costeras con un suelo marino cárstico entre las formaciones arrecifales. “Desde la región central hasta la región del sur en el límite con Belice, el arrecife se caracteriza por tener estructuras de salientes y valles, “spur and groove” (Núñez-Lara *et al.* 2005) .

Toda la región se encuentra sujeta a los vientos del este-sureste de marzo a noviembre; de diciembre a febrero se presentan vientos provocados por sistemas de baja presión, con vientos de hasta 35 km/h o más (IUCN 1988). La probabilidad del desarrollo de huracanes y tormentas tropicales en el área es elevada a finales de verano (IUCN 1988). Normalmente se desarrollan en el Atlántico Tropical y el Caribe, desplazándose en dirección oeste, cruzando la península de Yucatán (Merino y Otero 1991).

La temperatura atmosférica media diaria es de 23°C en enero, hasta un máximo de 28°C en mayo. La temperatura media del agua es de 27.5° C; alcanzando un máximo de 29.1°C en verano y un mínimo de 25.6° C en invierno (Tunnell *et al.* 1993).

La salinidad promedio en el verano es de 36 partes por mil (ppm), durante el invierno la parte norte presenta una salinidad promedio de 38.5 ppm, y la zona centro y sur de 36 ppm (Gallegos y Czistrom 1997). Las mareas de la región no presentan una variación espacial fuerte a escala regional, el régimen de mareas es mixto y semidiurno por lo que se presentan diariamente dos pleamareas y dos bajamareas, la variación anual promedio es de 12 cm para la Isla de Cozumel y de 17 cm para Belice (Secretaría de Marina Dirección General de Oceanografía Naval 1983).

En el área se presenta la corriente del Caribe la cual proviene de la corriente ecuatorial y tiene una dirección norte-noroeste. Existe evidencia de que en las cercanías de la costa hay contracorrientes en dirección sur que se presentan entre las puntas más prominentes (Merino 1986). De esta forma prácticamente en todo el litoral de la zona de estudio la corriente costera tiene dirección sur, aunque en las partes exteriores la corriente dominante tiene dirección norte (Merino 1986).

La línea de costa esta formada por playas arenosas y eventuales puntas rocosas y playas de naturaleza cárstica. Las arenas son de composición biogénica debido al suministro de material del arrecife, estos sedimentos son principalmente foraminíferos bentónicos y planctónicos, moluscos, briozoarios, corales, espículas de equinodermos, espículas de esponjas, ostrácodos y algas coralinas (Nolasco-Montero 1988).

2.2 Descripción de especies de interés

2.2.1 *Bartholomea annulata* Le Sueur, 1817

Esta especie pertenece al phylum Cnidaria, clase Anthozoa, orden Actiniaria, familia Aiptasiidae. Posee tentáculos transparentes de hasta 12.5 cm con anillos intercalados cafés y blancos (Kaplan 1999). Los anillos blancos son baterías de nematocistos y las bandas cafés son agrupaciones de dinoflagelados simbiotes (Figura 2.1) (Fitt *et al.* 1981). El diámetro del círculo que forman los tentáculos expuestos mide de 14 a 20 cm. (Humann y DeLoach 2002).

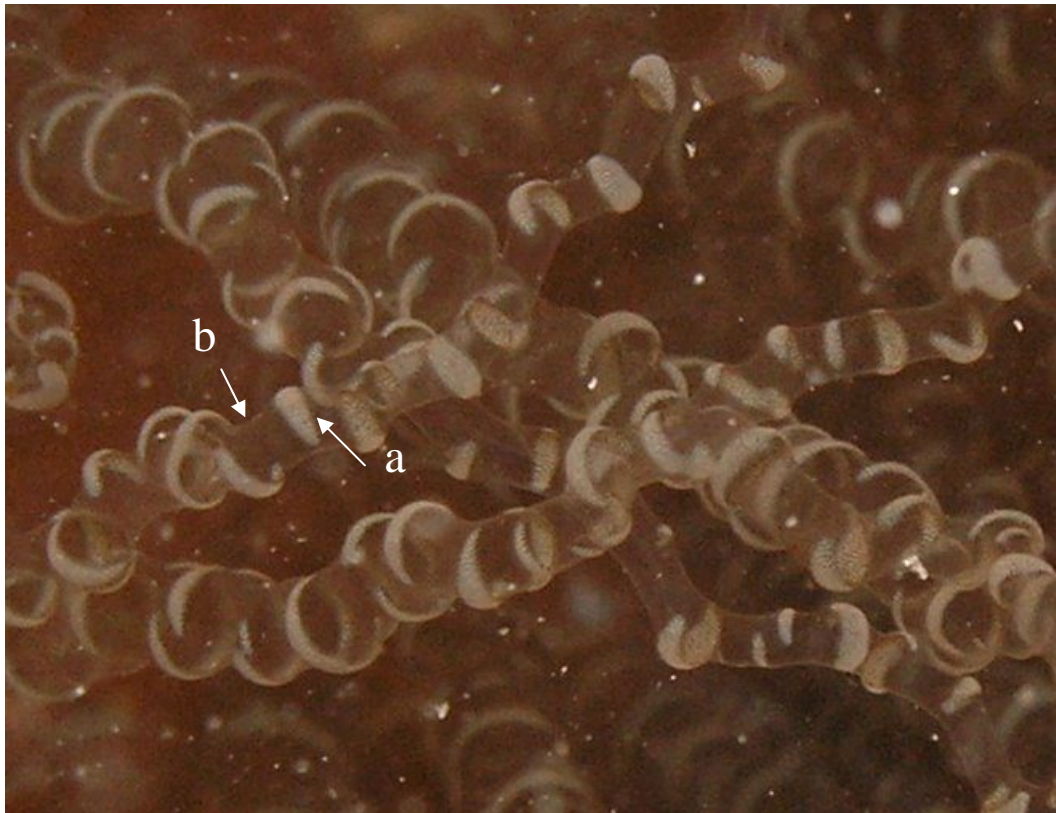


Figura 2.1 Anémona *B. annulata*, se observa las pilas de nematocistos que forman anillos blancos (a), y bandas cafés (b) que son agrupaciones de dinoflagelados simbiotes. Foto del Biol. Manuel Oseguera.

Esta anémona se asienta en sustratos duros o en arena fina (Holthuis 1951), generalmente en sitios protegidos del fuerte oleaje, grietas en la base de cabezos de coral o en conchas de caracoles vacías, sólo sobresalen los tentáculos que utiliza para

capturar a sus presas (Humann y DeLoach 2002). Se ha registrado a profundidades de hasta 23 m por (Holthuis 1951) y 30 m (Humann y DeLoach 2002). Presenta un periodo reproductivo sexual bianual, su tipo de reproducción es ovíparo, planctónico, planctotrófico. (Lemay 2008). También se reproduce asexualmente por medio de fisión, en este proceso un brote se origina en la periferia del pie y se rompe originando un nuevo individuo (Sprung 2001). Al igual que diversos cnidarios esta especie establece simbiosis con zooxantelas del género *Symbiodinium* del tipo C1 (LaJeunesse 2002).



Figura 2.2 Anémona *Bartholomea annulata* en el interfase roca-arena, en la parte derecha inferior se observa un camarón chasquidor camuflajeado. Foto del Biol. Manuel Oseguera.

Se distribuye comúnmente en el Caribe, Bahamas y Florida (Humann y DeLoach 2002). Se ha reportado la asociación de esta especie con peces y principalmente crustáceos (Tabla 2.1). Se considera que estos organismos están asociados con la anémona para protegerse de los depredadores, o en el caso de los camarones

limpiadores, por una plataforma fácil de reconocer por los peces arrecifales (Mahnken 1972).

Tabla 2.1 Especies asociadas a *B. annulata* y *C. gigantea*.

Anémonas	<i>Bartholomea annulata</i>	<i>Condilactys gigantea</i>
Crustáceos:	<i>Periclimenes americanus</i> ^{a,f}	<i>P. iridescens</i> ^a
	<i>P. pedersoni</i> ^{a,e}	<i>P. pedersoni</i> ^{a,e}
• Decápodos	<i>P. rathbunae</i> ^a	<i>P. rathbunae</i> ^a
	<i>P. yucatanicus</i> ^{a, b,e}	<i>P. yucatanicus</i> ^{a,b,e}
	<i>Alpheus armatus</i> ^{a,b,d,e,f}	<i>Mithraculus cinctimanus</i> ^b
	<i>Latreutes inermis</i> ^a	<i>Thor amboinensis</i> ^b
	<i>Stenorhynchus seticornis</i> ^{d,e}	
	<i>Thor amboinensis</i> ^{a,b}	
• Misidáceos	<i>Heteromysis actiniae</i> ^{d,f}	
Peces:	<i>Paraclinus grandicomis</i> ^{e,f}	<i>Malacoctenus boehlkei</i> ^c
	<i>Apogon aurolineatus</i> ^c	

a = (Criales 1984), **b** = (Humann y DeLoach 2002), **c** = (Humann y DeLoach 2006), **d** = (Chace 1958) **e** = (Limbaugh *et al.* 1961), **f** = (Mahnken 1972)

2.2.2 *Condilactys gigantea* (Weinland, 1860)

Pertenece al phylum Cnidaria, clase Anthozoa, orden Actiniaria, familia Actiniidae. Su cuerpo y tentáculos son de color blanco, en ocasiones con matices de gris, café, amarillo, morado, rosa o verde; los tentáculos son largos, con las puntas de color rosa, verde, amarillo o blanco. El disco oral esta rodeado por hasta 100 tentáculos, formando un círculo con un radio de 15 a 30 cm (Figura 2.3) (Kaplan 1999). Habita tanto en ambientes arrecifales como en ambientes lagunares, comúnmente se encuentra sujeta a sustratos duros en aguas poco profundas que le permiten obtener la luz necesaria para mantener la fotosíntesis de dinoflagelados simbioses (Nizinski 1989), los cuales producen glicerol. Este compuesto lo utiliza la anémona para producir lípidos y proteínas, además las algas simbioses liberan glucosa, alanita y ácidos orgánicos (Trench 1971). Por esta razón es difícil encontrarla a más de 30 m de profundidad (Humann y DeLoach 2002). Generalmente tiene los tentáculos extendidos, cuando es perturbada oculta su cuerpo parcial o completamente

contrayendo los tentáculos como estrategia de defensa. Su alimentación consiste en peces, camarones u otras especies de tamaño pequeño, sin embargo se propone que, al igual que otras especies de anémonas, no es muy selectiva. Las presas son ingeridas después de ser paralizadas por las toxinas que liberan los nematocistos al momento en que la presa tiene contacto con los tentáculos (Giese *et al.* 1996) . Esta especie no solo utiliza sus tentáculos para alimentarse, también presenta una conducta territorial donde utiliza los cnidocistos para atacar a las anémonas adyacentes (Silva 2000). La distribución de ésta anémona abarca el sur de Florida a Bahamas y el Caribe (Humann y DeLoach 2002). En Jamaica, esta especie presenta puntas de color rosa (Figura 2.3) más frecuentemente en ambientes de laguna arrecifal que en zonas profundas, mientras que en la zona frontal del arrecife y a profundidades menores son más frecuentes los individuos con puntas verdes (Figura 2.3) (Stoletzki y Schierwater 2005). Se plantea que esto se debe a que la absorbancia de la luz UV-B difiere significativamente en anémonas con puntas de diferente color, por lo que éste podría tener un significado adaptativo (Stoletzki y Schierwater 2005). Al igual que otros organismos marinos esta especie de anémona produce aminoácidos parecidos a microsporinas absorbentes de radiación UV (MAAs). *C. gigantea* también presenta simbiosis con el género *Symbiodinium* especialmente con los clados A3, A4, A4a, B1 y C1 (LaJeunesse 2002) de los cuales el A presenta MAAs (Banaszak *et al.* 2000) aumentando así la protección contra los rayos UV.

La reproducción sexual de esta especie es dioica y no presenta reproducción asexual (Jennison 1981; Chiappone *et al.* 2001). Su principal periodo reproductivo es durante el verano, pero continúa reproduciéndose a un nivel más bajo durante todo el año (Silva 2000). Su patrón de desarrollo es ovíparo, planctónico y lecitotrófico lo que le permite dispersión de cigotos de la gran mortalidad de estos (Jennison 1981). Se ha reportado la simbiosis con diversos peces y crustáceos, principalmente del género *Periclimenes* (Tabla 2.1). Se ha planteado que dichos simbiosiontes son ectocomensales ya que estos obtienen refugio y alimento (Mahnken 1972).



Figura 2.3 Anémonas *Condilactys gigantea*. Se observa el camarón *P. yucatanicus* sobre los tentáculos y las variantes de la coloración de las puntas de éstos, de color rosado (derecha) y color verde (izquierda). Foto del Biol. Manuel Oseguera.

2.2.3 *Alpheus armatus* M. J. Rathbun, 1901

Es comúnmente llamado camarón chasquidor por el sonido que produce con su quela al ser perturbado. Se encuentra clasificado dentro del orden Decapoda, infraorden Caridea, familia Alpheidae. Su cuerpo varía de color naranja, rojo a café, con puntos y marcas blancas. Sus antenas son rojas con bandas blancas. En algunas ocasiones presenta una marca azul en la cola. Los quelípedos presentan diferencias morfológicas, una es gruesa y grande y la otra es chica y delgada (Figura 2.4). Mide de 2.5 a 5 cm de largo total (Smith 1977; Kaplan 1999). Se distribuye a lo largo del Caribe, Bahamas y Florida (Humann y DeLoach 2002). Esta especie de camarón es simbionte mutualista obligatorio de *B. annulata*. La anémona le provee protección y

camuflaje, el camarón habita cercano a la columna de la anémona donde se alimenta de detritos y limpia permanentemente el refugio, lo que le permite a la anémona extender sus tentáculos y retraerse completamente cuando es perturbada. Smith (1977) reportó que el camarón también defiende a la anémona de depredadores, él observó como el camarón evitaba que el gusano de fuego, *Hermodice carunculatu*, atacara a la anémona. Limbaugh *et. al.* (1961) realizaron experimentos que apoyan estas observaciones, extrajeron camarones de anémonas y registraron que días después fueron depredadas.

Por otro lado, el tamaño del hospedero aumenta la tasa de crecimiento de esta especie de camarón (Knowlton 1980). Debido a la importancia de la anémona como recurso, *A. armatus* presenta conducta territorial: los juveniles defienden a la anémona de cualquier conoespecífico, sin embargo los adultos toleran compartir la anémona con individuos del otro sexo (Knowlton 1980).



Figura 2.4 El camarón chasquidor *Alpheus armatus* en asociación con la anémona *B. annulata*, se observa la diferencia de tamaño entre las quelas. Foto del Biol. Manuel Oseguera.

Alpheus armatus es una especie monógama y se encuentran regularmente en parejas de macho y hembra, nunca en grandes grupos (Knowlton 1980). Las hembras pueden presentar estado ovígero durante todo el año; éstas no pueden almacenar el esperma, por lo que los huevos que no son fecundados nunca se desarrollarán. Knowlton (1980) propone que son principalmente dos factores los que favorecen que el macho permanezca con la hembra por largos periodos de tiempo: 1) que las hembras tardan hasta tres meses en completar un ciclo reproductivo y 2) el alto riesgo de estar fuera de la anémona. Esta especie presenta un dimorfismo sexual, aunque casi imperceptible, en el tamaño de las quelas, que son mayores en los machos que en las de hembras (Knowlton 1980). Knowlton y Keller (1985) reportaron que existen otras tres especies que son morfológicamente muy similares a *A. armatus* y también se encuentran asociadas a *B. annulata*. Estos autores reportaron que *A. immaculatus* es abundante en Jamaica, mientras que *A. polystictus* es raro en Jamaica y Haití pero abundante en Venezuela. La tercera especie, *A. roquensis* solo se ha reportado en Los Roques, Venezuela y generalmente está asociado con *Heteractis lucida*.

2.2.4 *Periclimenes pedersoni* Chace, 1958

Comúnmente es llamado camarón limpiador de Pederson. Pertenece al orden Decapoda, infraorden Caridea, familia Palaemonidae. Su cuerpo es de color transparente, con dos líneas blancas que van desde la base del primer par de periópodos, pasan por el dorso y convergen en el margen posterior del tercer somite abdominal, presenta un número variable de puntos azul violeta en el dorso, los urópodos y el telson. Los tres primeros pares de periópodos presentan marcas azul-violeta y blancas. Sus antenas y anténulas son comúnmente blancas, aunque algunas veces presentan rayas violeta y blancas de forma intercalada (Figura 2.5) (Criales 1979). Miden de 1.5 a 5.5 cm de largo (Mahnken 1972). Generalmente habita en diferentes especies de anémonas, también existen registros de asociación con

medusas, corales e incluso con una especie de molusco (Tabla 2.2). En anémonas se encuentran principalmente en los tentáculos, en la periferia o a corta distancia de ellas (Criales 1979), en compañía de dos a tres conoespecíficos, aunque se han encontrado en conjunto más de diez (Mahnken 1972; Criales y Corredor 1977). Generalmente permanecen en la misma anémona por largos periodos de tiempo de una a varias semanas (Limbaugh *et al.* 1961). Se ha registrado a una máxima profundidad de 40 m en Santa Marta, Colombia (Criales 1984). Se encuentra más frecuentemente en sitios protegidos de corrientes fuertes, en las cercanías de estructuras de coral (Mahnken 1972).



Figura 2.5 Camarón limpiador *Periclimenes pedersoni* en las cercanías de su anémona hospedera *B. annulata*. Foto: Biól. Manuel Oseguera.

Se han observado hembras ovígeras durante el verano, Chace (1958) las observó desde abril a agosto en las Islas vírgenes, sin embargo en la misma localidad Mahnken (1972) observó hembras ovígeras de febrero a abril, lo que sugiere una

reproducción continua. Al igual que otras especies del mismo género, el asentamiento de las larvas está fuertemente involucrado con señales químicas del hospedero. Goy (1990) encontró que metamorfosean con mayor frecuencia las larvas al ser expuestas a exudados de *B. annulata*, sin embargo se considera que la aclimatación a la anémona se da durante la fase juvenil ya que en estadio larval mueren al de entrar en contacto con la anémona.

Durante su actividad limpiadora ingiere parásitos y restos de comida de diversas especies de peces (Criales y Corredor 1977), principalmente bentónicas (Criales 1979). Cuando un pez se acerca a una anémona donde hay algún *P. pedersoni*, éste “agita” sus antenas, con lo que llama la atención del pez cliente, el cual se acerca al camarón y abre sus agallas, aletas y boca, entonces el camarón se posa sobre el pez y acerca los periópodos pinzando varias veces sobre las escamas del pez, dentro de las branquias y dentro la boca, después de varios minutos el camarón se retira del pez y éste se aleja de la estación de limpieza. Criales y Corredor (1977), observaron que los camarones medianos fueron los limpiadores más activos en Santa Marta, Colombia, mientras que Mahnken (1972) observó en las Islas Vírgenes que los más activos eran los de talla más grande. Cabe mencionar que dicha conducta de limpieza sólo se ha observado durante el día y que, aunque se considera que e ésta es su principal fuente de alimentación, también se les ha observado ingiriendo detritos del fondo (Criales y Corredor 1977) y zooplancton (Mahnken 1972). Sin embargo en el único estudio de contenido estomacal de ésta especie solo se encontraron detritos y mucosa de pez (Turnbull 1981).

Durante observaciones en campo de Criales y Corredor (1977), las hembras ovígeras y los organismos de mayor tamaño se encontraron hacia la periferia de la anémona mientras que los medianos y pequeños estaban sobre los tentáculos. Sin embargo, en acuarios Mahnken (1972) observó fuerte competencia por las posiciones en la anémona *B. annulata*, los camarones de mayor tamaño ocuparon los lugares cercanos

al disco oral y los tentáculos, los de menor tamaño se encontraron en apenas alrededor de la arena o en los organismos de alrededor.

2.2.5 *Periclimenes yucatanicus* (Ives, 1891)

También es conocido como camarón moteado de anémonas. Su cuerpo es transparente con manchas de color café claro con bordes blancos, se distingue especialmente por la mancha que se sitúa en la joroba. Wicksten (1995) observó en Bonaire, Antillas Neerlandesas, variaciones entre los patrones de coloración entre organismos y en cada organismo encontró diferencias entre su coloración diurna y nocturna, siendo la primera con manchas oscuras más grandes y la segunda, sin manchas y su cuerpo traslúcido. Sus quelípedos presentan manchas blancas, naranjas y violeta. Los ojos son de color blanco con puntos rojos (Figura 2.6). En general, en su hábitat natural presenta una coloración menos conspicua respecto a la de los demás camarones limpiadores tropicales. El tamaño promedio es de 1-3 cm de largo. (Limbaugh *et al.* 1961; Criales 1984). Se distribuye comúnmente en el sur de Florida, Bahamas y el Caribe desde Colombia hasta el sur de Florida (Williams 1984). Limbaugh *et al.* (1961) observaron hembras con huevos de color café en las Islas Vírgenes durante julio y agosto. Al igual que *P. pedersoni* el asentamiento de las larvas esta determinado por señales químicas de las anémona hospedera, en este caso *C. gigantea* (Goy 1990).

Periclimenes yucatanicus es considerado como camarón limpiador, sin embargo esta conducta se ha reportado una sola vez por Spotte *et al.* (1991). Varios autores han observado como se acercan estos camarones a peces sin realizar actividad de limpieza (Limbaugh *et al.* 1961; Criales y Corredor 1977; Williams y Bunkley-Williams 2000) por lo que posiblemente esta actividad imita una conducta de limpieza pero no lo es (Limbaugh *et al.* 1961).



Figura 2.6 Camarón *Periclimenes yucatanicus* en simbiosis con la anémona *Condylactis gigantea*. Foto del Biol. Manuel Oseguera.

Esta especie habita en diversas especies de cnidarios, generalmente las anémonas *B. annulata* y *C. gigantea* (Tabla 2.2). Se plantea que la simbiosis con *C. gigantea* es mutualista ya que el camarón excreta amonio, enriqueciendo la concentración alrededor de los tentáculos, lo que aumenta la población de zooxantellas en la anémona (Spotte 1996).

2.2.6 *Thor amboinensis* (De Man, 1888)

También conocido como “sexy shrimp” por el movimiento rítmico que realiza con el abdomen, pertenece al orden Decapoda, suborden Caridea, familia Hippolytidae. Su coloración es café con tres barras y varios puntos blancos que cruzan por el dorso, estos pueden estar delineados en negro o violeta, tiene antenas cortas y bandeadas. Sus ojos saltones son de color blanco, la cola se encuentra flexionada hacia arriba (Figura 2.7) (Humann y DeLoach 2002). Mide de 0.5 a 2 centímetros. Su distribución es circuntropical (Wirtz 1997). Ésta es una de las especies con mayor

diversidad de asociaciones simbióticas, pues se ha registrado con más de 10 géneros de anémonas marinas en el Mar Caribe e Indo-Pacífico (Tabla 2.2). Se ha observado generalmente con *C. gigantea* y *B. annulata*, aunque vive principalmente en simbiosis con otros organismos en algunos casos se encuentra sobre la rocas sin hospedero (Wirtz 1997). Viven en grupos de varios individuos por anémona, Wirtz (1997) encontró en promedio 2.3 por anémona (*Telmactis cricoides*) con un máximo de 18 individuos por hospedero, sin embargo este autor también observó que cambia rápidamente el número de individuos por hospedero.



Figura 2.7 Camarón de la especie *Thor amboinensis* sobre una anémona del genero Ricordea. Se observa la conducta de movimiento de el abdomen que le por la que se le hace llamar “sexy shrimp”. Foto David Harasti.

Tabla 2.2 Especies registradas como hospederos de *P. pedersoni*, *P. yucatanicus*, *T. amboinensis* y *A. armatus*.

Phylum	Class	Orden	Familia	Especie de simbiote	Especie de camarón						
					<i>P. pedersoni</i>	<i>P. yucatanicus</i>	<i>T. amboinensis</i>	<i>A. armatus</i>			
Cnidaria	Scyphozoa	Rhizstomeae	Cassiopeidae	<i>Cassiopea sp.</i>		R ⁹					
				<i>Cassiopea xamachana</i>	R ^{1,9}	R ^{1,2,9}					
	Anthozoa	Actiniaria	Antipatharia	Antipathidae	<i>Antipathes pennacea</i>	R ⁹					
				Ceriantharia	Cerianthidae	<i>Cerianthus sp.</i>	R ^{1,9}				
			Aureliania	Aureliidae	<i>Actinoporus elegans</i>	P ⁴	P ⁴	P ⁴			
				Aiptasiidae	<i>Aiptasia tagetes</i>	R ⁹	R ⁹				
					<i>Aiptasia palida</i>	P ¹	P ²				
				Actiniidae	<i>Bartholomea annulata</i>	C ^{1,2,4,9,6}	C ^{1,2,4,9}	P ¹			
					<i>Bunodosoma granulifera</i>	R ^{1,9}		P ¹	C ^{4,6,11}		
					<i>Condylactis gigantea</i>	C ^{1,2,4,9,6}	C ^{1,2,4,9,6}	P ^{1,4}			
					<i>Ragactis(Heteractis) lucida</i>	R ^{2,9,4}	P ⁴				
					<i>Macrodactyla doreensis</i>			P ³			
					<i>Anemonia sulcata</i>			P ¹⁰			
					Aliicidae	<i>Lebrunia danae</i>	R ^{1,2,4,9}	R ^{1,4,9}	P ¹		
						Stichodactylidae	<i>Stichodactyla helianthus</i>		R ⁹	P ⁴	
					<i>Stichodactyla tapetum</i>				P ³		
					<i>Stichodactyla haddoni</i>				C ⁵		
				Isophelliidae	<i>Telmatactis rufa</i>				P ¹		
					<i>Telmatactis cricoides</i>			C ¹⁰			
					<i>Entacmaea quadricolor</i>			P ³			
Corallimorpharia	Actinodiscidae	<i>Discosoma sanctithomae</i>	R ⁹		R ^{9,7}						
	Corallimorphidae	<i>Rhodactis sanctithomae</i>		P ⁹							
Mollusca	Bivalvia	Limoida	Limidae	<i>Ricordea florida</i>	R ⁹	R ^{8,9}					
				<i>Lima scabra</i>	R ⁹						
Equinodermata	Crinoidea	Cromatulida	Comasteridae	<i>Comactina echinoptera</i>			P ¹				

La frecuencia con la que se ha observado la asociación esta representada por C = común, R = rara y P = reportado. En superíndice se indica la referencia bibliográfica del registro: 1 = (Criales 1984), 2 = (Criales y Corredor 1977), 3 = (Guo *et al.* 1996), 4 = (Humann y DeLoach 2002), 5 = (Khan *et al.* 2004), 6 = (Limbaugh *et al.* 1961), 7 = (Spotte *et al.* 1981), 8 = (Wicksten 1995), 9 = (Williams y Williams 2000), 10 = (Wirtz 1997) 11= (Knowlton y Keller 1983).

3 OBJETIVOS

3.1 *Objetivo General*

Describir la distribución geográfica y batimétrica así como la abundancia relativa de las anémonas *Condylactis gigantea*, *Bartholomea annulata* y sus camarones simbiontes *Periclimenes pedersoni*, *P. yucatanicus*, *Alpheus armatus* y *Thor amboinensis* en la costa del Caribe mexicano.

3.2 *Objetivos Particulares*

- Describir las condiciones del microhábitat en las que se encuentran *Condylactis gigantea* y *Bartholomea annulata*, tales como el sustrato, la posición y la estructura.
- Describir la distribución geográfica y batimétrica así como la abundancia relativa de estas dos especies de anémonas en los diferentes arrecifes de la costa del Caribe mexicano.
- Describir la distribución geográfica y abundancia relativa de los camarones carídeos *Alpheus armatus*, *Periclimenes pedersoni*, *P. yucatanicus*, y *Thor amboinensis* para la costa del Caribe mexicano.
- Describir la frecuencia de asociación camarón-anémona.

4 METODOLOGÍA

El estudio se realizó a lo largo de todo el sistema arrecifal del Caribe mexicano, desde Isla Contoy (21° 28'N) hasta Xcalak (18° 10'N), frontera con Belice, durante cuatro expediciones realizadas a lo largo del 2006 (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Fechas y localidades de los muestreos realizados en el Caribe mexicano durante el 2006.

<i>Localidades</i>	<i>Fechas</i>
(Salida de pruebas) Mahahual y Tulum	16 al 27 febrero
Isla Contoy a Puerto Morelos	24 de abril al 3 de mayo
Punta Placer a Xcalak,	26 de junio al 3 de julio.
Tulum a Punta Herrero	1 al 7 de septiembre.
Playa del Carmen a Cozumel	10 al 15 de octubre.

4.1 Selección de los sitios de muestreo

Tomando en cuenta la descripción de los sitios en donde han sido observados estos organismos, los sitios de muestreo se buscaron en el campo con base en los siguientes criterios: que se localizaran entre la costa y la barrera arrecifal, protegidas de la corriente (Mahnken 1972), con estructuras de sustratos duros donde las anémonas pudieran establecerse: cabezos de coral, pedacería de coral muerto, barrera coralina, plataformas calcáreas y rocas (Mahnken 1972; Criales 1979), generalmente en aguas someras dentro de la laguna. Algunos sitios de muestreo

fueron seleccionados en arrecifes a mayor profundidad (Hattori 2006), para registrar el rango de distribución batimétrica.

Se muestrearon un total de 104 sitios en los cuales se registraron las coordenadas de latitud-longitud (Datum NAD27) utilizando un GPS (de marca Garmin y Magallan).

4.2 Registro de datos

En cada sitio se realizó una inmersión en buceo SCUBA con un esfuerzo de muestreo estandarizado de 45 minutos. Dos buzos (siempre los mismos individuos) siguieron una ruta independiente en la que registraron los siguientes datos de cada anémona:

Especie: por reconocimiento visual basado en Humann y Deloach 2002.

Cabe mencionar que además de *B. annulata* y *C. gigantea* también se registraron otras especies de anémonas donde se encontraron los camarones de interés, los registros de éstas son datos que únicamente se utilizaron para el análisis de asociación de camarones.

Profundidad: la profundidad donde se encontró cada individuo, medida mediante profundímetros o con la computadora para buceo modelo Mosquito marca SUUNTO®. en pies o en metros, posteriormente se transformaron todas a metros.

Tamaño de la anémona: Se clasificó en tres categorías utilizando una escala semi-cuantitativa: chicas, medianas y grandes.

Microhábitat: definido como el conjunto de condiciones ambientales en las que se encuentra la anémona: **sustrato** o ambiente, la forma o **estructura** del sitio de asentamiento, y la **posición** relativa a la estructura en la que se asienta la anémona:

Sustrato: tipo de material o entorno en el que se encuentra la anémona. Fue clasificado en:

- Pastizal: Zona “plana” en donde se encuentra como vegetación predominante a *Thalassia testudinum*.
- Arena: Zona de arena únicamente.

- **Plataforma calcárea:** Zona en donde se encuentra principalmente una superficie plana de roca calcárea maciza con poca cobertura coralina/algas, con algunas o ninguna grieta, caracterizada principalmente por la baja complejidad estructural en el plano vertical.
- **Macizo de coral:** Estructura de coral vivo o muerto, caracterizado por la alta complejidad estructural sin dejar de ser un sustrato estable.
- **Pedacería:** Zona en donde se encuentra principalmente trozos de coral muerto, caracterizado por ser un sustrato de muy alta complejidad pero menor estabilidad que el macizo de coral.
- **Roca:** Estructura sólida de varios materiales (caliza, coral, cemento), aislada, se caracteriza por ser pequeños macizos aislados entre pastizales o plataformas de arena.

Estructura: características morfológicas del sitio de asentamiento

- **Cueva:** cavidad relativamente esférica dentro del macizo..
- **Grieta:** oquedad semi lineal dentro del macizo.
- **Superficie:** Límite entre la estructura y el ambiente.
- **Pared:** Superficie lateral de un sustrato.

Posición: lugar dentro de la estructura en el que se encontró la anémona.

- **Abajo:** parte inferior.
- **Arriba:** parte superior.
- **Lateral:** costado.
- **Interfase:** ubicación entre la roca y la arena.

En cada anémona se buscaron cuidadosamente los crustáceos simbioses utilizando un lápiz para mover los tentáculos de las anémonas. De cada individuo se registró:

Especie: por identificación visual, a partir de la guía de Humann y Deloach 2002.

Tamaño: categorizado en tres: chico, mediano y grande. Se estandarizó la apreciación de cada categoría a partir de una referencia visual bajo el agua, la cual consiste en

una impresión enmicada con los límites máximos y mínimos (Ej. Figura 4.1, tabla completa en Anexo 1). Estos se establecieron apartir de observaciones previas y las tallas registradas por Limbaugh *et al.* (1961).

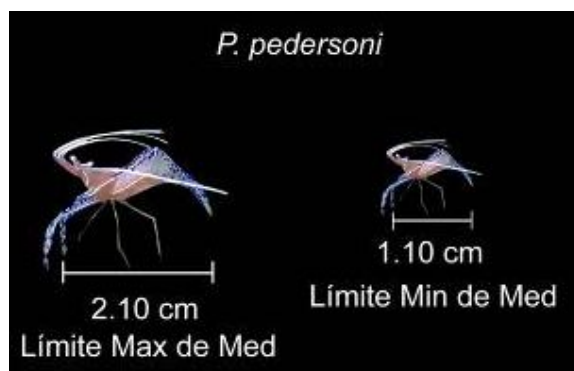


Figura 4.1. Ejemplo de la tabla de referencia para la estandarización de tamaños, se indica el límite máximo y el límite mínimo de la categoría mediano. La tabla fue impresa a escala 1:1, la tabla completa se encuentra en los anexos.

Condición reproductiva: Se realizó exclusivamente en los camarones de la especie *P. pedersoni*, debido a que las hembras ovígeras son grandes y los huevos son visibles mientras que en las otras especies de este estudio no son fácilmente identificables. Se examinó la región abdominal en busca de masas de huevos, fácilmente identificables. Se registró la condición reproductiva de cada individuo como ovado o no ovado.

Los datos se registraron en tablas impresas en papel Herculene y en acetato blanco. (Anexo 2). Previamente a los muestreos presentados en este documento, se llevó a cabo una salida de prueba en donde se calibraron y estandarizaron los criterios de observación y registro de los datos por parte de los buzos observadores (Nuno Simões y Alejandra Campos).

Posteriormente fueron almacenados a una base de datos generada en Access 2003 ® la cual se encuentra disponible con el Dr. Nuno Simoes (ns@fciencias.unam.mx).

4.3 Análisis de Datos

Los datos obtenidos fueron analizados a dos escalas, Caribe Mexicano y regional, el primero comprende la totalidad de los muestreos en todo el Caribe mexicano, de esta manera se obtuvieron los patrones generales poblacionales de una serie de aspectos como son la distribución geográfica, distribución batimétrica, preferencias por sustratos y estructuras o preferencia por hospederos, características demográficas, abundancia relativa y asociaciones simbióticas de las especies estudiadas. Para describir las diferencias geográficas de dichas variables, se subdividió la costa de Quintana Roo en siete regiones, ésta fue realizada a partir de la revisión bibliográfica de la descripción geomorfológica y ecológica de los arrecifes (Figura 4.2). Esta categorización de los datos fue necesaria por que la alta variabilidad encontrada entre los sitios de muestreo no permite el análisis correlacionado a variables geográficas continuas.

4.3.1 Regionalización

La división en regiones se realizó adaptando las regionalizaciones sugeridas por Gutiérrez *et al.* (1995, 2005) y Nuñez-Lara *et al.* (2005), en las cuales utilizan como criterio las características de las estructuras arrecifales divididas principalmente en tres: laguna arrecifal, cresta arrecifal y arrecife frontal (Figura 4.2).

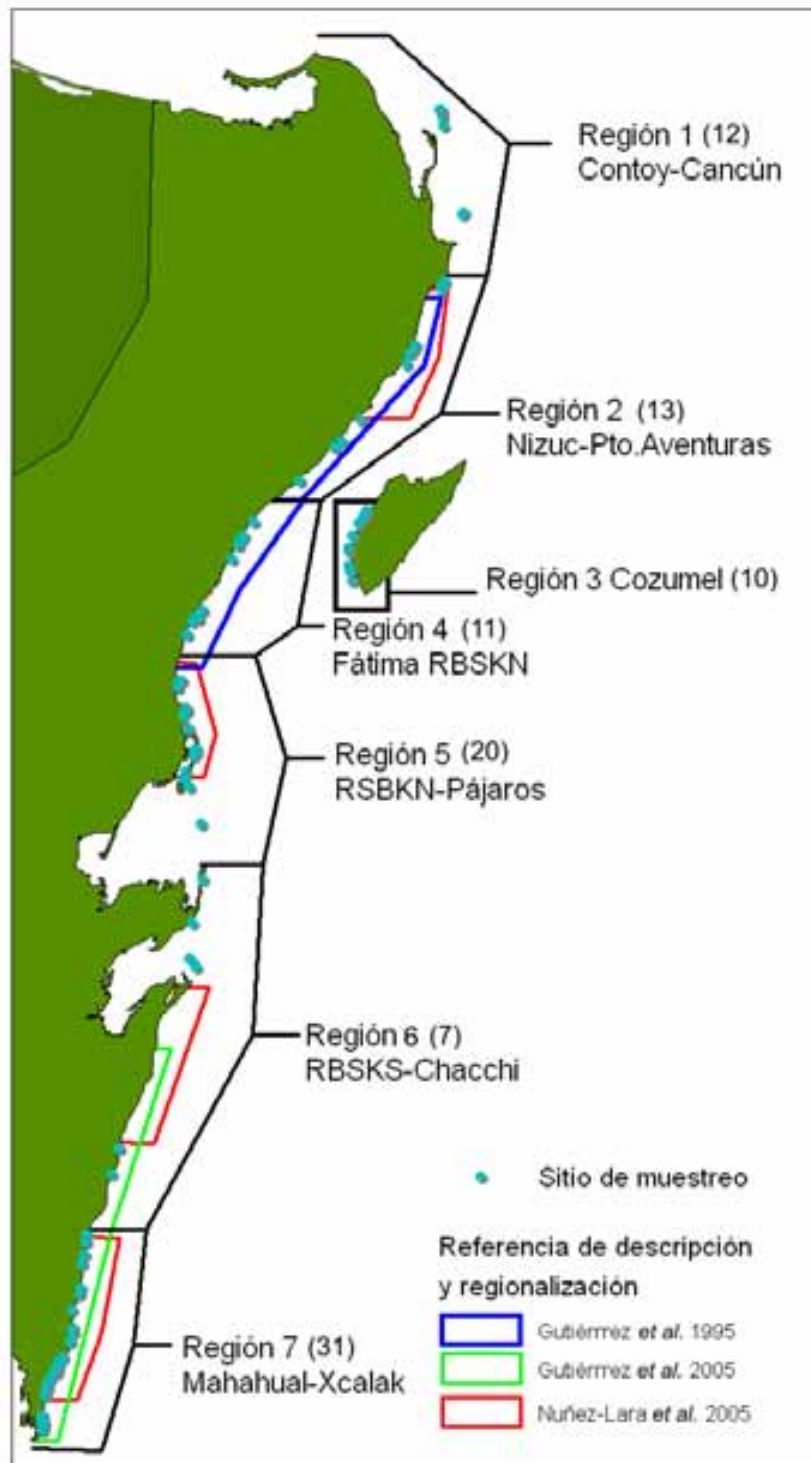


Figura 4.2 Subdivisión de la costa de Quintana Roo en siete regiones con base a los trabajos de (Gutiérrez *et al.* 1995; Gutiérrez *et al.* 2005; Núñez-Lara *et al.* 2005). Cada punto azul es un sitio de muestreo, (#) número de sitios de muestreo por región.

4.3.1.1 Región 1 : Contoy-Cancún

Comprende desde Isla Contoy a Punta Cancún (21° 38' N, 21° 3' S), se muestreó principalmente en sitios cercanos a Isla Contoy. Esta se localiza entre el Golfo de México y el Caribe, sin embargo las aguas de la región provienen del sur, debido principalmente al efecto de la corriente de Yucatán (Molinari y Cochrane 1972). Esta corriente también provoca un fenómeno de surgencia, lo que aporta importantes cantidades de materia orgánica a las aguas circundantes. Por otro lado este fenómeno produce una alta tasa de sedimentación. Se plantea que por estos dos efectos la surgencia es un factor determinante en la composición específica de la comunidad marina de la región (INE 1997).

Debido a que las surgencias se presentan principalmente en el norte de la isla, se produce un gradiente de biodiversidad en el eje longitudinal, aumentando el número de especies y su abundancia del norte al sur de la isla. La comunidad del norte es más semejante a las del Golfo de México y el norte de la península de Yucatán, mientras que las del sur tienen un ambiente físico y el tipo de sustrato más parecido al de los arrecifes del norte de Quintana Roo, lo que hace semejantes sus comunidades bentónicas. Tal es el caso del arrecife Ixlaché, el cual se prolonga al sur de la isla con una estructura de arrecife bordeante. El arrecife posterior cuenta con parches de corales escleratinos de crecimiento masivo (INE 1997).

En general el sustrato marino adyacente a la isla se encuentra cubierto por algas en un 75% aprox. Las esponjas y los corales gorgonáceos son dominantes en la sección del sotavento cerca de la costa. La cobertura de corales escleratinos es menor al 10% y se encuentran en colonias pequeñas. También se observan separados parches de gorgonáceos o de pedacera y arena gruesa (INE 1997).

El turismo en esta región es mediano comparado con los demás destinos turísticos de la región, ya que es un Parque Natural y dentro de la isla no existe ninguna construcción turística por lo que a los visitantes no se les permite permanecer en ella más de unas horas en la isla.

4.3.1.2 Región 2: Nizuc-Pto Aventuras

Comprende desde Punta Nizuc a Puerto Aventuras (21° 3' N, 20° 30' S). Gutiérrez (1995) encontró que en los arrecifes de esta región tienen características diferentes a los arrecifes de las demás regiones: el arrecife frontal no es continuo, se desarrolla en parches de macizos coralinos y canales de arena incipientes dominados por corales gorgonáceos. Nuñez-Lara y sus colaboradores en el 2005, coinciden en delimitar esta área como una región y describen que las formaciones arrecifales se encuentran a menudo separadas por extensiones de suelo calcáreo y sustrato arenoso. Las estructuras del arrecife no son ni extensivas ni altas a lo largo del suelo marino, y decaen después de alcanzar los 6 a 8 metros de profundidad (Figura 4.3).

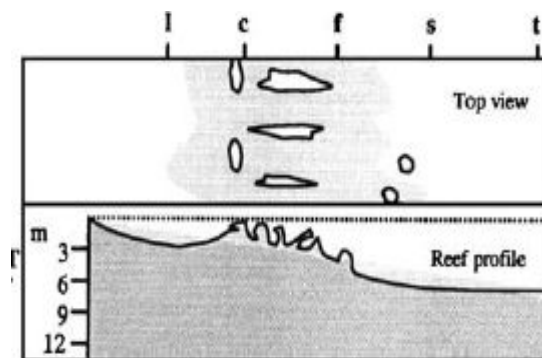


Figura 4.3 Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 2. la morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t).

Gutiérrez *et al.* (1995) también mencionan que en la mayor parte de esta región, la plataforma continental es amplia, con una extensión de más de 5 km hasta el borde del canal Yucatán, después se reduce considerablemente a 2 km o menos.

En ésta región, el canal está bien definido, la laguna arrecifal es extensa y está bien desarrollada, su profundidad promedio es de entre 2 y 5 metros.

La Cresta Arrecifal es la zona con mayor desarrollo estructural debido a los numerosos crecimientos masivos de corales escleractinos. La plataforma puede ser extensa y entonces se caracteriza por la presencia de varias interrupciones en la

Rompiente Arrecifal, mismas que reciben el nombre de “bocanas”. Si no es amplia, sólo se observa el desarrollo de la transición barlovento, tal es el caso de Punta Bete a Punta Fátima. (Gutiérrez *et al.* 1995)

Cabe mencionar que dentro de esta región se encuentra el Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, donde se encuentra la Unidad Académica Puerto Morelos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Dentro de esta región se concentran los destinos turísticos más visitados de la costa de Quintana Roo, lo que ha ocasionado un impacto antropogénico importante.

4.3.1.3 Región 3: Cozumel

Corresponde a los arrecifes de la Isla Cozumel (20° 29' N 20° 13' S), fue considerada como una región debido a que no tiene continuidad con las demás regiones y a que la estructura arrecifal es muy distinta.

El origen de la Isla no está asociado a un proceso de acumulación de calizas arrecifales, más bien se propone que se originó a partir del desprendimiento del margen oriental de la península durante la formación de la cuenca de Yucatán, entre el Mesozoico tardío y el Cenozoico temprano (Jordán, 1988), por lo que la geomorfología de su plataforma es diferente a las demás del Caribe mexicano. La plataforma insular de Cozumel está dividida en terrazas y escalones, los arrecifes de coral se encuentran casi únicamente en los escalones (Muckelbauer 1990). Sin embargo éste no es el único factor que determina la presencia de arrecifes ya que solo es al sur y al oeste de la isla donde se encuentran formaciones coralinas, siendo en Palancar, al sur, donde se concentra la mayor parte. La estructura de los arrecifes no es continua a como en las demás regiones, se encuentran en parches enlongados de 10 a 30 m de largo (INE 1998). La profundidad a la que se encuentran es de 15 a 30 m. Cozumel presenta un clima tipo Am; cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, superiores a 40 mm en el mes más seco (INE 1998). Al igual que las demás regiones del Caribe mexicano, Cozumel está en la trayectoria de los huracanes, los cuales se forman en el Atlántico y

se desplazan hacia el Caribe desde los meses junio a noviembre. Estos fenómenos meteorológicos perturban fuertemente tanto en el ambiente marino como en el terrestre. Existen evidencias de que en el 2005 los huracanes Emily y Wilma provocaron fuertes perturbaciones en los arrecifes de Cozumel, generando rupturas masivas de coral y removimiento de arena (Álvarez-Filip y Gil 2006). En el canal entre Cozumel y el macizo continental se presenta una corriente dominante de sur a norte, con una velocidad variable entre uno y tres nudos, dependiendo de la época del año, con un promedio de velocidad de 1.5 nudos (75 cm/seg). Hay contracorrientes litorales norte-sur que llegan a alcanzar velocidades extremas de 2 nudos, con una duración no mayor a 8 horas diarias (INE 1998). Aunque los arrecifes importantes de esta región están protegidos como Parque Nacional, el turismo en esta región es y ha sido muy desarrollado, en 1998; se estimaba que alrededor de 1500 buzos realizaban de una a dos inmersiones al día (INE 1998).

4.3.1.4 Región 4 : Fátima-RBSK N

Esta región se extiende desde Punta Fátima al límite de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (RBSK)(20° 13' N, 20° 7' S), el área arrecifal continúa meridionalmente con los arrecifes de esta área natural protegida, con los que tiene similitudes en cuanto al patrón de zonación (Padilla *et al.* 1992; Gutiérrez *et al.* 1993). Gutiérrez *et al.* (1995) mencionan que en esta región la plataforma continental es estrecha, la laguna arrecifal es incipiente en algunas bahías pequeñas o no existe. La cresta arrecifal sólo se encuentra completa frente a determinadas bahías y está bien desarrollada en la transición hacia el frontal. El Arrecife Frontal presenta un gran desarrollo estructural y una alta diversidad de especies (Lara y Padilla, manuscrito no publicado). Gran parte de la costa está formada por puntas, playas y cantiles rocosos. En algunos de estos lugares el canal no está formado y no hay laguna arrecifal, en otros no está bien definido o es muy estrecho. Presenta zonas de parches frente a Kantenah, Akumal, las bahías entre las Puntas San Francisco y Tulsayab, y en Tulum.

Existen diferentes sitios en ésta región donde el turismo es de bajo o mediano impacto, sin embargo hacia el norte se han desarrollado grandes complejos turísticos. En ésta región y en la 5, dos organizaciones no gubernamentales desarrollan investigación relacionada con la conservación de los arrecifes de coral: Amigos de Sian Kaan y Global Vision Internacional,

4.3.1.5 Región 5: RSBK N- Pájaros

Comprende la zona norte de la RSBK, desde Boca Paila a Punta Pájaros (20° 7' N, 19° 36' S). Ésta región fue zonificada y descrita por Arias-González (1998). Varias características distinguen ésta región de las demás: tiene una cresta sumergida, proximidad a la bahía y a las lagunas costeras; la laguna arrecifal está abierta al mar. Dentro de la región son típicas las estructuras de salientes y valles "Spur and groove". Las estructuras arrecifales muestran alto desarrollo en términos de extensión y altura (Figura 4.4). Las salientes pueden alcanzar a tener más de 50 m de ancho y 10 m de largo. El sustrato es altamente complejo, especialmente desde la cresta al frente arrecifal. La laguna es profunda, tiene una amplia cobertura de parches de pastos marinos, coral y algas. Gran parte de este polígono se encuentra protegido por la RSBK, la cual incluye una gran parte de territorio terrestre y territorio marítimo, lo que ha provocado que el turismo en la zona sea de baja intensidad.

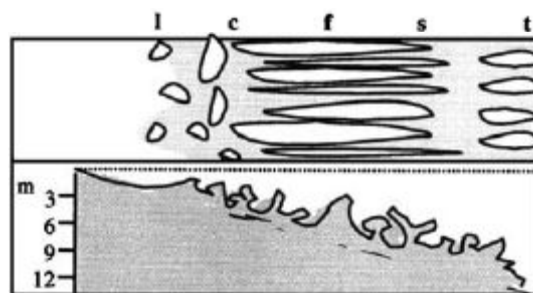


Figura 4.4 Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 5. la morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t).

4.3.1.6 Región 6 RBSK S-Chacchi

Comprende desde la zona sur de la RBSK punta Pájaros hasta Punta Chacchi (19° 36' N, 18° 42'S). En la descripción de esta región realizada por Gutiérrez *et al.* (2005) se menciona que aunque una parte de esta se encuentra dentro de la RBSK, no tiene las mismas características que los otros arrecifes de la reserva. Aunque la estructura de los arrecifes también se encuentra constituida por salientes y valles no son estructuras características. Las salientes son menores de 4 m y los valles no se encuentran en dirección perpendicular a la costa, como es típico de estas formaciones (Figura 4.5). La laguna arrecifal es similar a la zona norte de la reserva. Es muy somera, tiene parches arrecifales y camas de pastos marinos. El turismo en esta región está poco desarrollado, la principal actividad de la zona es más bien la pesquería.

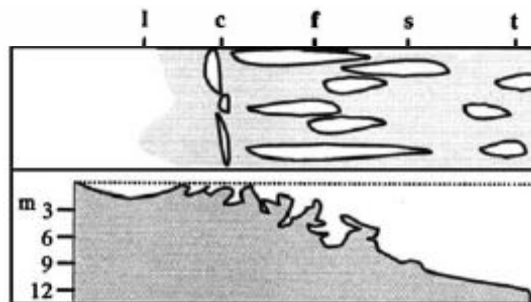


Figura 4.5 Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 6. La morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t).

4.3.1.7 Región 7: Mahahual-Xcalak

Abarca desde Mahahual a Xcalak (18° 42' N, 18° 9' S). En la descripción realizada por Nuñez-Lara (2005) ésta región queda caracterizada porque las estructuras arrecifales son casi continuas del norte al sur. El arrecife tiene un sustrato con arquitectura compleja. Esta región tiene formaciones de salientes y valles típicas, donde las salientes pueden tener mucha altura y extensión (Figura 4.6). Aunque el impacto humano en ésta región está más relacionado con la pesquería que con el turismo, desde hace 10 años el turismo en Mahahual ha aumentado

considerablemente; se estima que diariamente llegan en promedio dos cruceros, lo que se propone es ocasionado un alto impacto en la zona. Al sur de esta región se encuentra el Parque Nacional arrecifes de Xcalak donde el turismo es moderado, su cercanía con el arrecife Banco Chinchorro tiene gran influencia en su comunidad arrecifal.

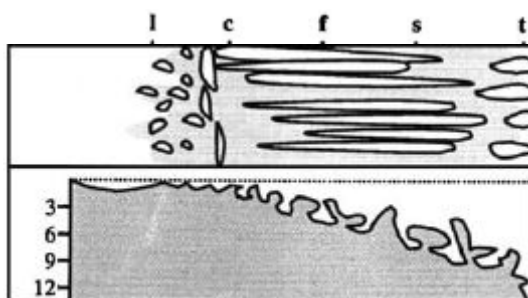


Figura 4.6 Perfil arrecifal descrito por Nuñez-Lara *et al.* 2005 correspondiente a la región 7. la morfología está representada por: laguna (l), cresta (c), frente (f), pendiente (s), terraza (t).

4.3.1.8 Microhábitat

A escala Caribe Mexicano se cuantificó la frecuencia de anémonas encontradas en los diferentes microhábitat compuestos por las combinaciones de los diferentes tipos de sustratos, estructuras y posiciones, se excluyeron los individuos que se registraron en categorías con frecuencia menor al 8% para evaluar por medio de análisis de mutua independencia e independencia parcial (Zar 1999), la interacción entre el sustrato, la estructura y la posición. En el sustrato dominante se evaluaron las diferencias de la preferencia de estructura y posición entre *B. annulata* y *C. gigantea*.

4.3.1.9 Efecto de la profundidad en la abundancia de anémonas

Para describir la relación entre la frecuencia de anémonas según la profundidad, se procesaron los datos de la siguiente manera:

- Se calculó el promedio de la profundidad de cada muestreo a partir de las profundidades registradas de cada anémona.

- Se realizaron intervalos de clase (IC) de 1.5 m de profundidad y se calculó el número de muestreos realizados en cada IC.
- También se calculó el número de anémonas de cada especie encontradas en cada IC.
- Posteriormente se dividió el número total de anémonas en cada IC entre el número de muestreos en cada IC.
- Esto se hizo debido a que no se hicieron el mismo número de muestreos a cada profundidad. Los resultados se agruparon a nivel Caribe mexicano y regional.

4.3.1.10 Abundancia de anémonas

Se cuantificó el número de anémonas por sitio de muestreo, en la escala Caribe Mexicano se analizó mediante la prueba de Mann-Whitney la diferencia entre la abundancia de cada especie. En la escala regional se comparó la abundancia mediana de cada anémona entre regiones mediante la prueba Levene's para datos ordenados (Zar 1999).

4.3.1.11 Asociaciones camarón-anémona

A escala Caribe Mexicano y Regional se evaluó el porcentaje de individuos de cada especie de camarón encontrado en cada especie de anémona.

4.3.1.12 Efecto del tamaño de la anémona en número de camarones

En la escala Caribe mexicano, se estimó la frecuencia con la que se observaron *C. gigantea* y *B. annulata* de cada categoría de tamaños (chica, mediana y grande) con ningún, uno o más de un individuo de cada especie de camarón simbiote. La significancia de este efecto se determinó por medio de pruebas de asociación utilizando tablas de contingencia de χ^2 (Zar 1999).

4.3.1.13 Abundancia regional de anémonas con camarones

En la escala regional se evaluó la proporción de anémonas con ningún, uno y más de un individuo de cada especie de camarón en cada especie de anémona hospedera. Se estimó la diferencia entre regiones mediante pruebas de mutua independencia e independencia parcial según Zar (1999).

4.3.1.14 Densidad de camarones por anémona

En cada sitio de muestreo, se estimó la densidad promedio de camarones por anémona a partir de la media del número de individuos por hospedero de cada especie. Por cada región se estimó la mediana de las densidades promedio de cada sitio de muestreo. Se compararon los valores de las medianas mediante una prueba de Kruskal-Wallis (Zar 1999).

5 RESULTADOS

5.1 Microhábitat

A lo largo del Caribe mexicano se registró el sustrato, estructura y posición de 1164 individuos de *B. annulata* y 786 de *C. gigantea*. Las categorías de microhábitat que se eliminaron debido a que las dos especies tuvieron una frecuencia relativa menor al 8% del total, fueron las siguientes (Tabla 5.1):

Tabla 5.1 Frecuencia relativa de las categorías de microhábitat eliminadas.

	Categoría	Anémona	
		<i>B. annulata</i>	<i>C. gigantea</i>
Sustrato	Arena	1.20%	0.89%
	Pared	0.34%	3.82%
Estructura	Superficie	1.29%	2.93%
	Abajo	5.50%	7.89%

Según las pruebas de independencia parcial, para *B. annulata* la frecuencia de individuos en cada microhábitat está determinada por sus tres componentes juntos, sustrato-estructura-posición (Tabla 5.1), mientras que la de *C. gigantea* está determinada por la combinación de posición-estructura independientemente del sustrato (Tabla 5.2). En el caso de *B. annulata* la asociación entre los factores del microhábitat se debe a que se observaron menos individuos de los esperados (según una distribución aleatoria de los datos) en roca-grieta-arriba y plataforma-grieta-lateral así como más de los esperados en roca-cueva-interfase y plataforma-grieta-arriba (asteriscos en Figura 5.1). Aunque existe esta asociación, la estructura cueva fue la más frecuente en todos los sustratos, siendo la combinación cueva-interfase la más observada (Figura 5.1).

Tabla 5.2 Resultados estadísticos de la pruebas de independencia parcial realizadas para determinar la asociación entre los factores del microhábitat de *B. annulata*, la n en las tres pruebas es 1075.

Hipótesis del modelo	χ^2	gl	p
a) La frecuencia de anémonas en cada sustrato está asociada a la posición y la estructura	56.667	15	<0.001
b) La frecuencia de anémonas en cada posición está asociada al sustrato y la estructura	357.417	14	<0.001
c) La frecuencia de anémonas en cada estructura está asociada al sustrato y la posición	299.819	11	<0.001

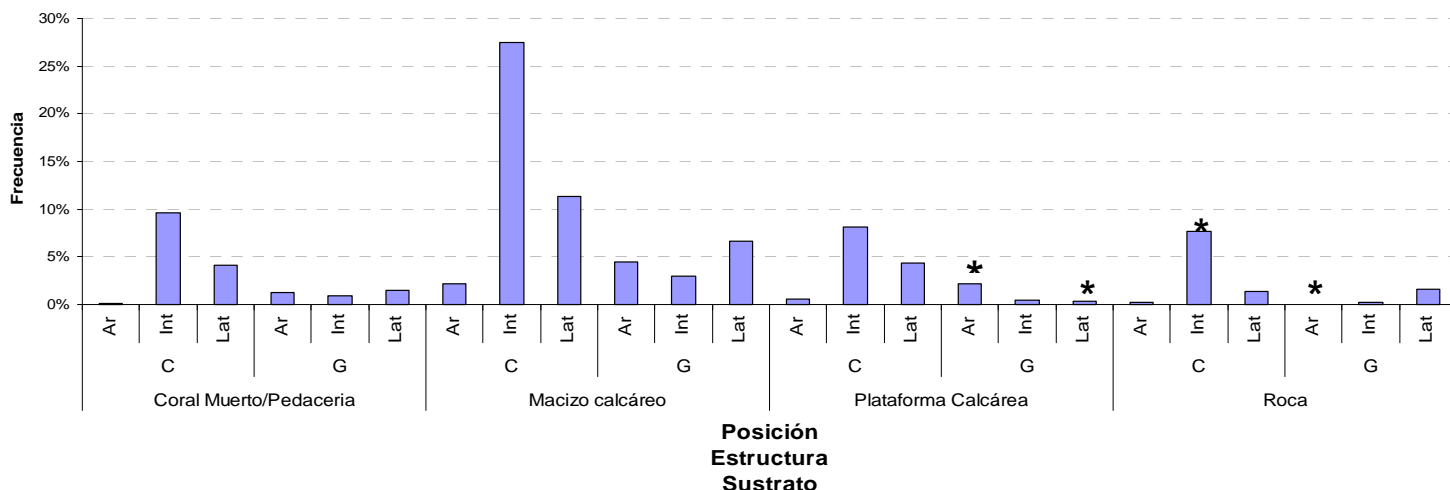


Figura 5.1 Frecuencia relativa (%) del total de individuos de *B. annulata* en los diferentes microhábitats conformados por sustrato (coral muerto pedacería, macizo calcáreo, plataforma calcárea o roca), estructura (C= cueva, G=grieta) y posición (Ar= arriba, Int= interfase, Lat= lateral). No se incluyen las categorías mencionadas en la Tabla 5.1. Los asteriscos marcan las categorías que aportaron los valores de chi cuadrada más altos.

La anémona *C. gigantea* presenta una asociación entre los factores del microhábitat diferente a *B. annulata*, la proporción de anémonas en la estructura-posición no varía significativamente dependiendo del sustrato. Esto significa que en todos los sustratos se presenta el patrón de la Figura 5.2, donde en la estructura cueva, la posición más frecuente fue interfase, seguida de lateral y arriba; por el contrario en la estructura grieta: arriba es la posición más frecuente seguida de lateral e interfase.

El sustrato más frecuente para esta especie fue el macizo calcáreo, donde se observaron el 77.94% de los organismos (Figura 5.3).

Tabla 5.3 Resultados estadísticos de la pruebas de independencia parcial realizadas para determinar la asociación entre los factores del microhábitat de *C. gigantea*, la n en las tres pruebas es 671.

Hipótesis del modelo	χ^2	gl	p
a) La frecuencia de anémonas en cada sustrato está asociada a la posición y la estructura	24.462	15	0.057
b) La frecuencia de anémonas en cada posición está asociada al sustrato y la estructura	161.526	14	<0.01
c) La frecuencia de anémonas en cada estructura está asociada al sustrato y la posición	152.605	11	<0.01

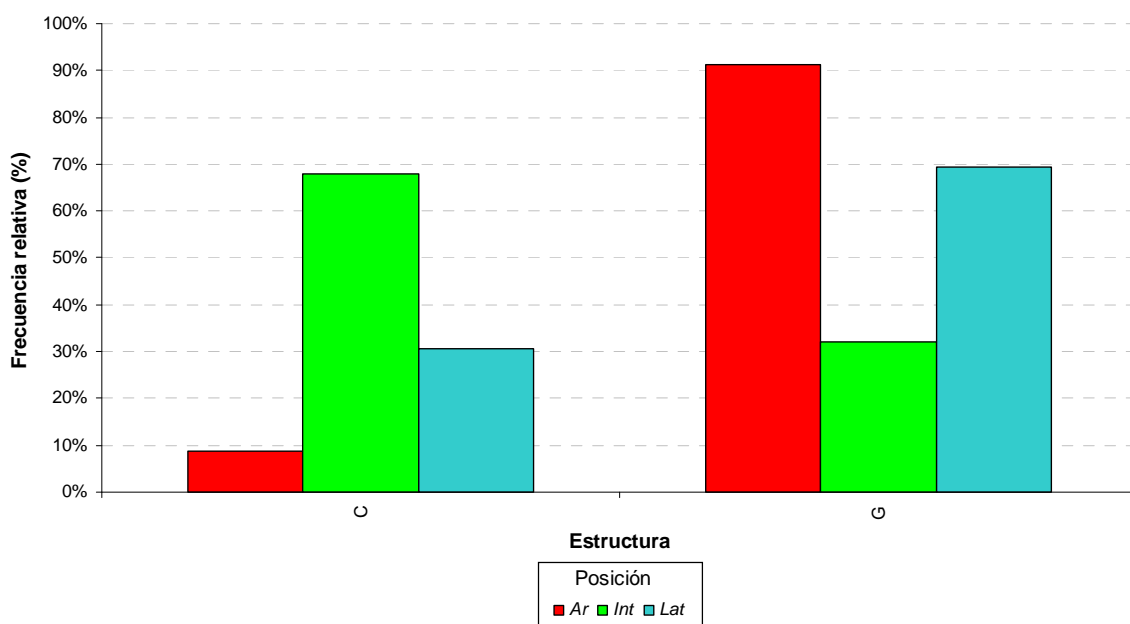


Figura 5.2 Frecuencia relativa (%) de individuos de la especie *C. gigantea* en estructura (C=cueva y G=grieta) y posición (Ar= arriba, Int= interfase, Lat=lateral). Para el análisis han sido eliminadas las categorías de la Tabla 5.1.

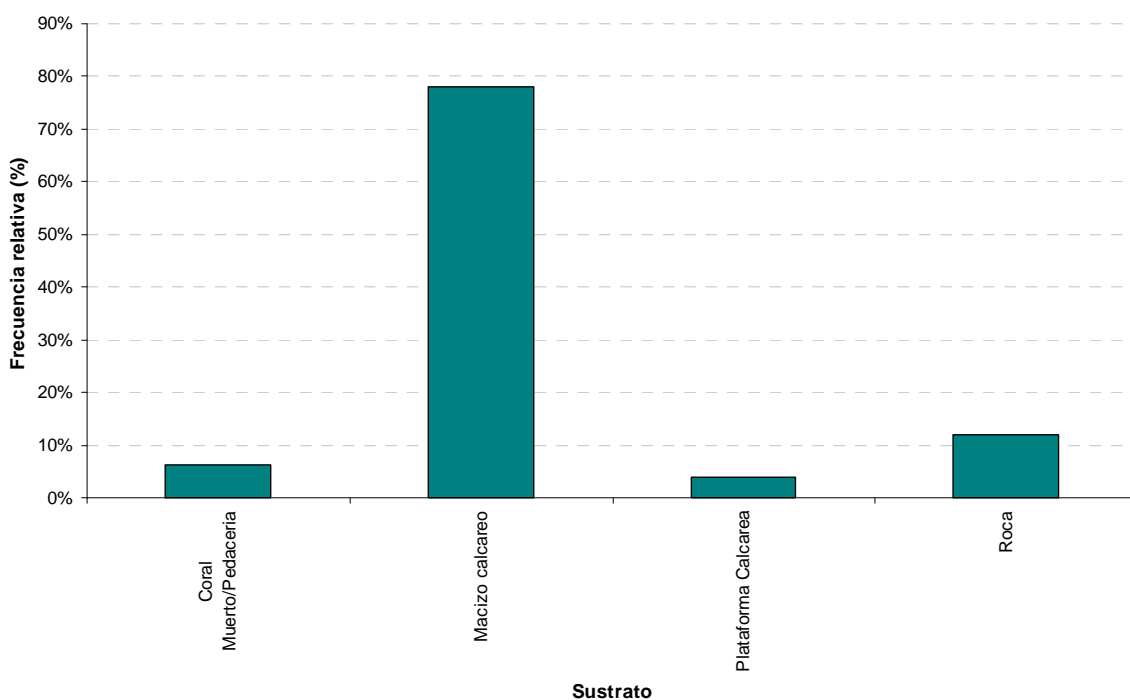


Figura 5.3 Frecuencia relativa (%) de individuos de la especie *C. gigantea* en los diferentes sustratos. El total no incluye a los individuos en las categorías de la Tabla 5.1.

Las dos especies de anémonas de interés se encontraron mayormente en el sustrato macizo calcáreo. Al analizar las frecuencias de estas anémonas en las diferentes combinaciones de estructura- posición encontramos que éstas fueron

significativamente diferentes entre las especies (Tabla 5.4), siendo la estructura cueva más común para *B. annulata*, teniendo una frecuencia del 50% en la combinación cueva-interfase. *Condilactys gigantea* fue encontrada más frecuentemente en la estructura grieta y se distribuyó más homogéneamente entre las diferentes combinaciones de estructuras y posiciones (Figura 5.4).

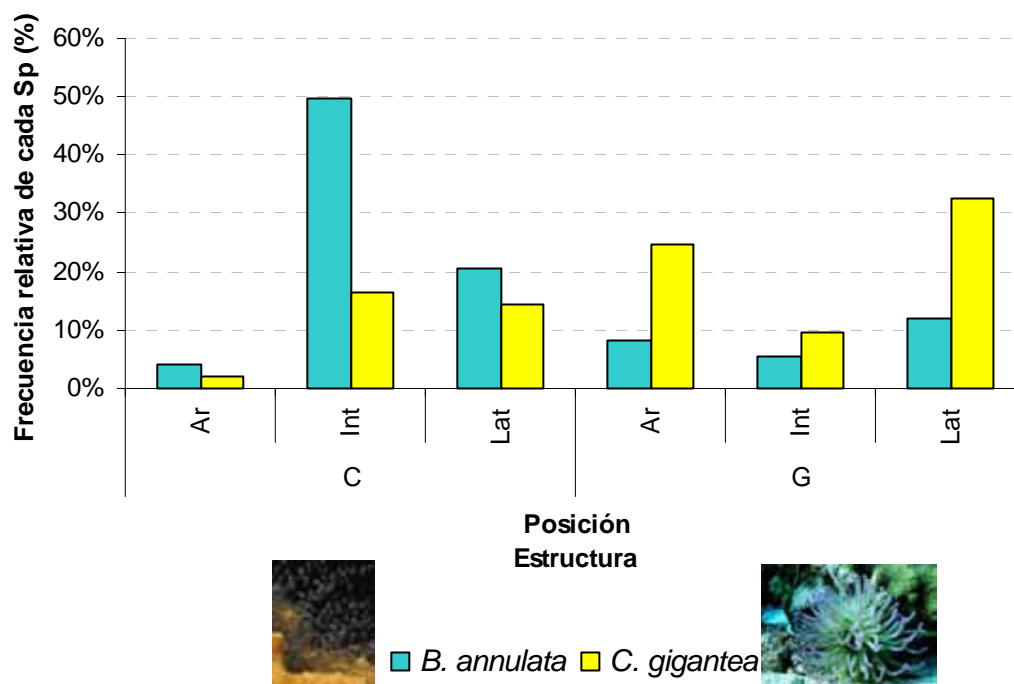


Figura 5.4 Frecuencia relativa (%) de individuos de cada especie de anémona (*B. annulata* y *C. gigantea*) que se observaron en el sustrato macizo calcáreo en las estructuras (C = cueva y G = grieta) y posiciones (Ar = arriba, Int = interfase, Lat = lateral). Del total se han eliminado los organismos de las categorías mencionadas en la Tabla 5.1.

Tabla 5.4. Resultados estadísticos de las pruebas de independencia parcial realizadas para determinar si *B. annulata* y *C. gigantea* se asocian de forma diferente a cada estructura y posición en el sustrato Macizo Calcáreo (n= 1117).

Hipótesis del modelo	χ^2	gl	P
El número de individuos en cada posición depende tanto de la estructura como de la especie.	304.122	6	<0.01
El número de individuos en cada estructura depende tanto de la posición como de la especie.	372.231	5	<0.01
El número de individuos en cada estructura-posición depende de la especie	209.631	5	<0.01

5.2 Efecto de la profundidad en la abundancia de anémonas

5.2.1 Escala Caribe Mexicano

En el presente estudio observamos que la distribución de ambas especies a lo largo de los rangos de profundidad observados fue diferente entre sí. *B. annulata* se encontró más frecuentemente a mayor profundidad que *C. gigantea*, la cual fue más frecuente a menor profundidad (Figura 5.5). En promedio, el 50% de los individuos de la primera especie se encontraron a menos de 10.5 m de profundidad, mientras la segunda especie presentó el mismo porcentaje a profundidades menores de los 4.5 m. La máxima profundidad a la que se registró *B. annulata* (26.2 m) fue mayor que la de *C. gigantea* (20.0 m).

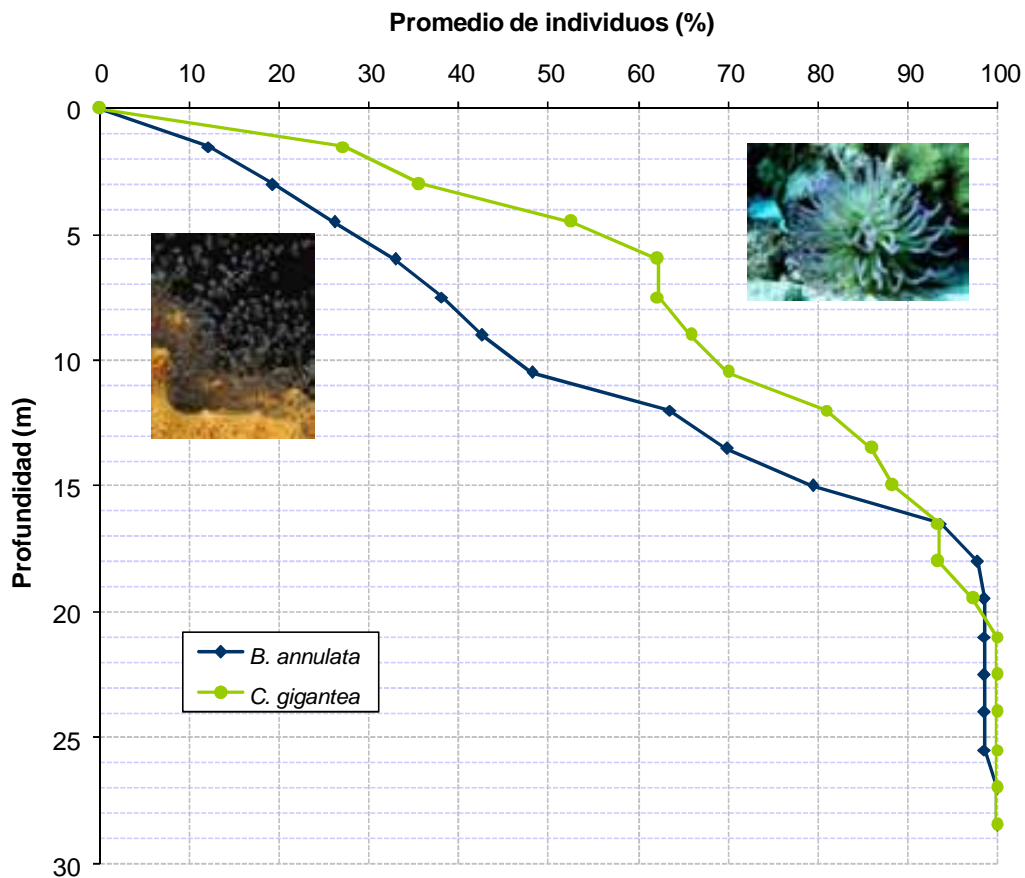


Figura 5.5 Profundidad a la que se encontró la frecuencia relativa acumulada de anémonas de las especies *B. annulata* y *C. gigantea* durante los muestreos en el Caribe mexicano en el 2006.

5.2.2 Escala Regional

Se observaron diferentes perfiles de abundancia de ambas especies de anémonas respecto a la profundidad entre las diferentes regiones.

Para la mayor parte de las regiones, excepto las 4 y 5, se observó una distribución homogénea de la abundancia de las dos especies en razón de la profundidad (Figura 5.6) En la región 4 fue notable la proporción de *B. annulata* (60%) a más de 12 m, sin embargo la mayor proporción de *C. gigantea* (94%) se encontró a menos de 4.5 m de profundidad.

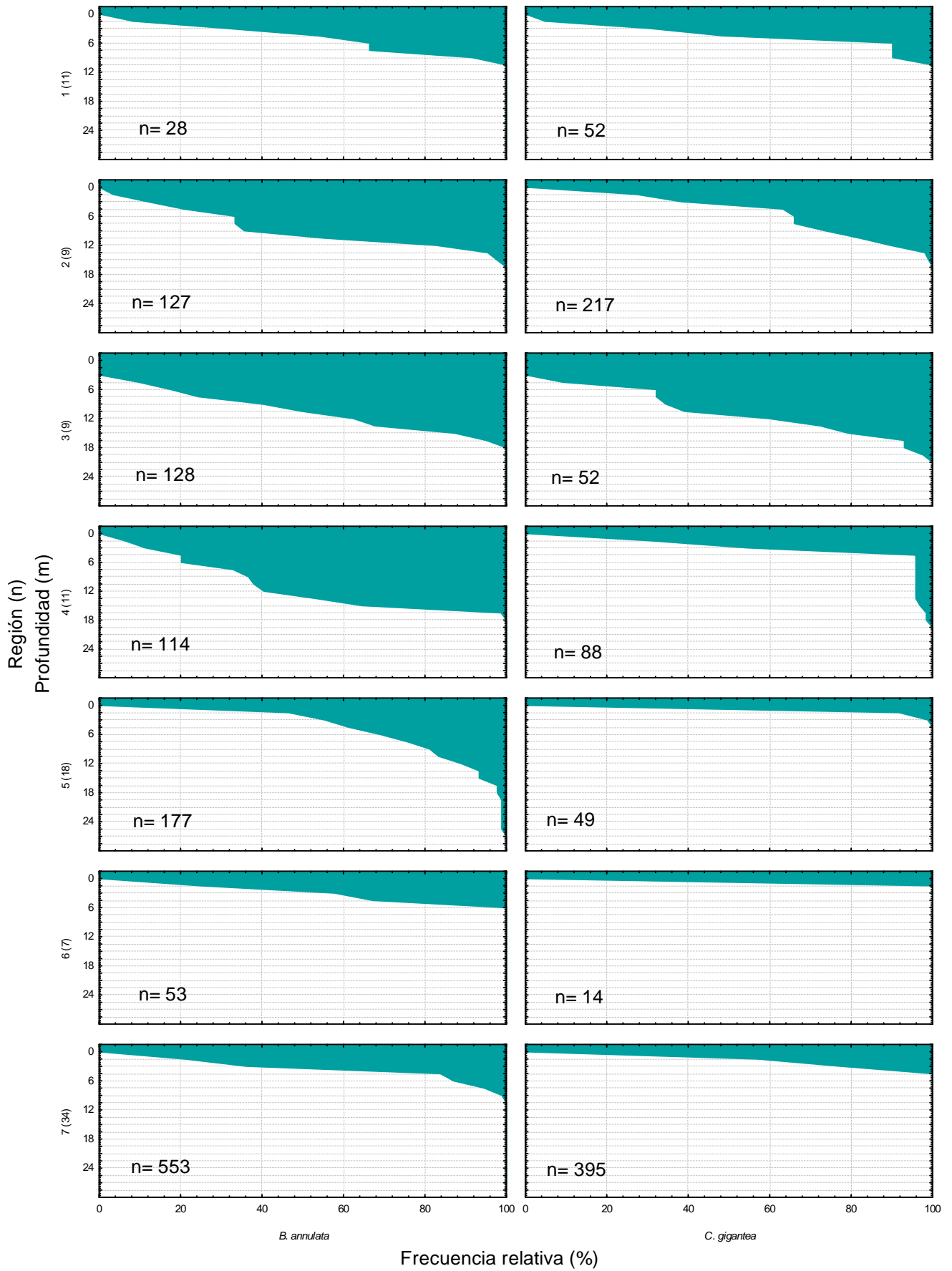


Figura 5.6 Profundidad a la que se encontró la frecuencia relativa acumulada de anémonas de las especies *B. annulata* y *C. gigantea* durante los muestreos en el Caribe mexicano en el 2006.

5.3 Distribución y abundancia de anémonas y camarones

En ambas especies de anémonas, se observó una variación contrastante de la frecuencia de individuos entre sitios de muestreo cercanos, es decir, aunque la distancia entre dos sitios de muestreo fuera poca y los paisajes arrecifales fueran parecidos, observamos grandes diferencias en el número de anémonas en cada sitio. Esta variación entre sitios fue más marcada en el caso de *C. gigantea*, un ejemplo de esto se observa en la figura 5.10 c.

La anémona *B. annulata* fue frecuente en toda la costa de Quintana Roo, siendo más abundante en los arrecifes de Cozumel y Xcalak (Figura 5.7).

Generalmente, donde fue abundante esta anémona, también se encontró en abundancia su camarón simbiote *A. armatus*, excepto en los arrecifes del sur de Cozumel.

Su otro simbiote, *P. pedersoni*, se encontró en mayor frecuencia en la parte centro y sur de la costa, en los arrecifes cercanos a Playa del Carmen (región 2: Nizuc-Pto Aventuras) Xcacel, Puerto Aventuras (región 4: Fátima-RBSK N) y Xcalak (región 7: Mahahual-Xcalak) (Figura 5.8). En los arrecifes de Cozumel (región 3) únicamente se encontró un individuo de esta especie a pesar de que su anémona hospedera fue encontrada abundantemente en estos arrecifes (Figura 5.8) y en los arrecifes cercanos (región 2 y 4) se encontró frecuentemente esta especie de camarón.

El camarón *T. amboinensis* se observó asociado con las dos especies de anémonas, fue común en la mayoría de los sitios de muestreo, siendo muy abundante en varios sitios de los arrecifes cercanos a Mahahual y Xcalak en la región 7 y en algunos arrecifes de Cozumel en la región 3 (Figura 5.9).

La anémona *Condylactis gigantea* se encontró comúnmente en la mayoría de los sitios de muestreo y en algunos localizados en los arrecifes de Puerto Morelos se observó

en agregaciones de más de 40 individuos (Figura 5.10, a), Xcalak (Figura 5.10, b), Tulum (Figura 5.10, c) y Mahahual (Figura 5.10 ,d).

A pesar de la abundancia de esta anémona, fue poco común encontrar a su camarón simbiote *P. yucatanicus*, el cual únicamente fue observado en algunos sitios, principalmente en los arrecifes de Puerto Morelos (región 2) (Figura 5.10) y en un arrecife cercano a Playa del Carmen (Figura 5.10).

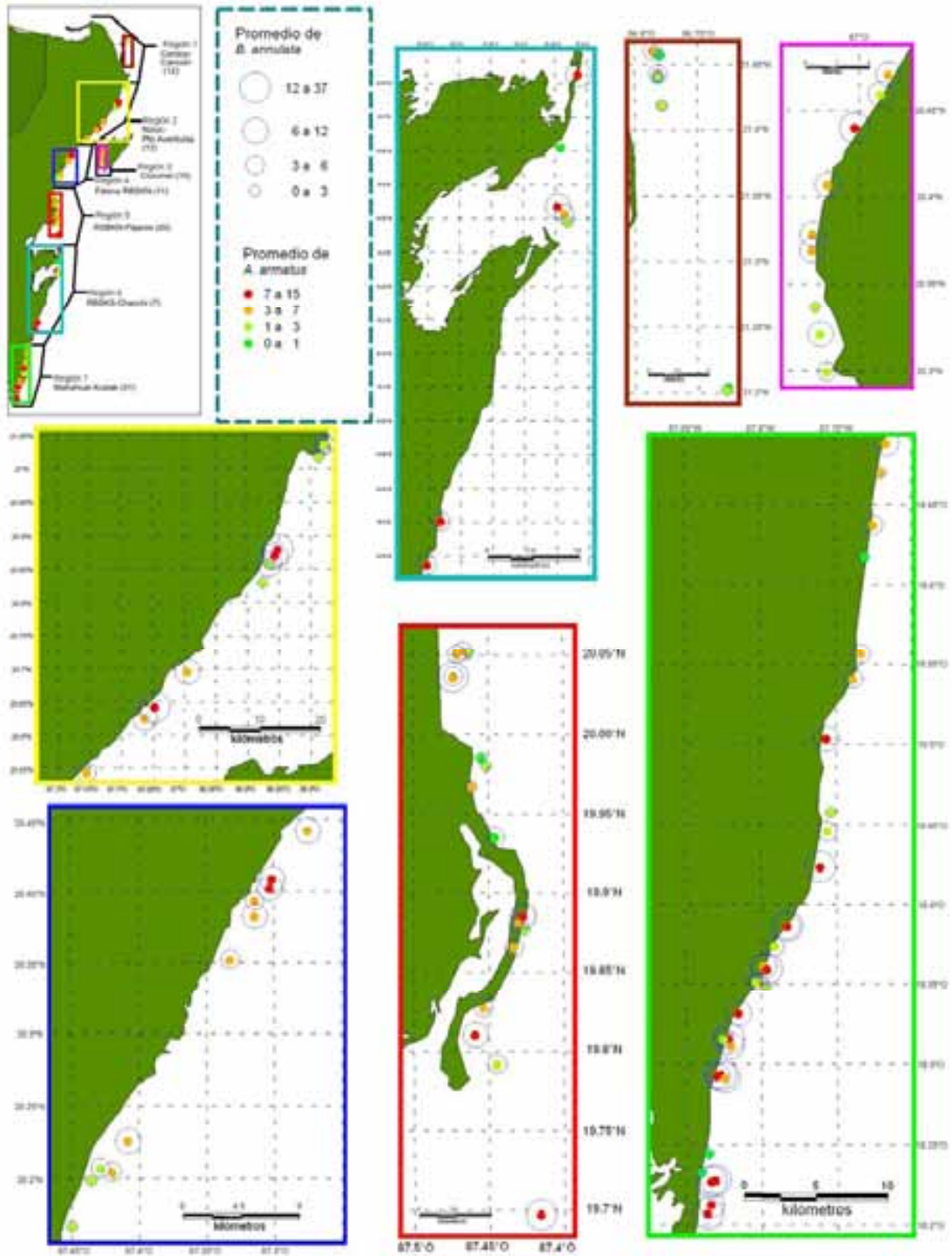


Figura 5.7 Mapa de la distribución y abundancia de *A. armatus* y su anémona hospedera *B. annulata*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *A. armatus* con colores. Datum NAD 27.

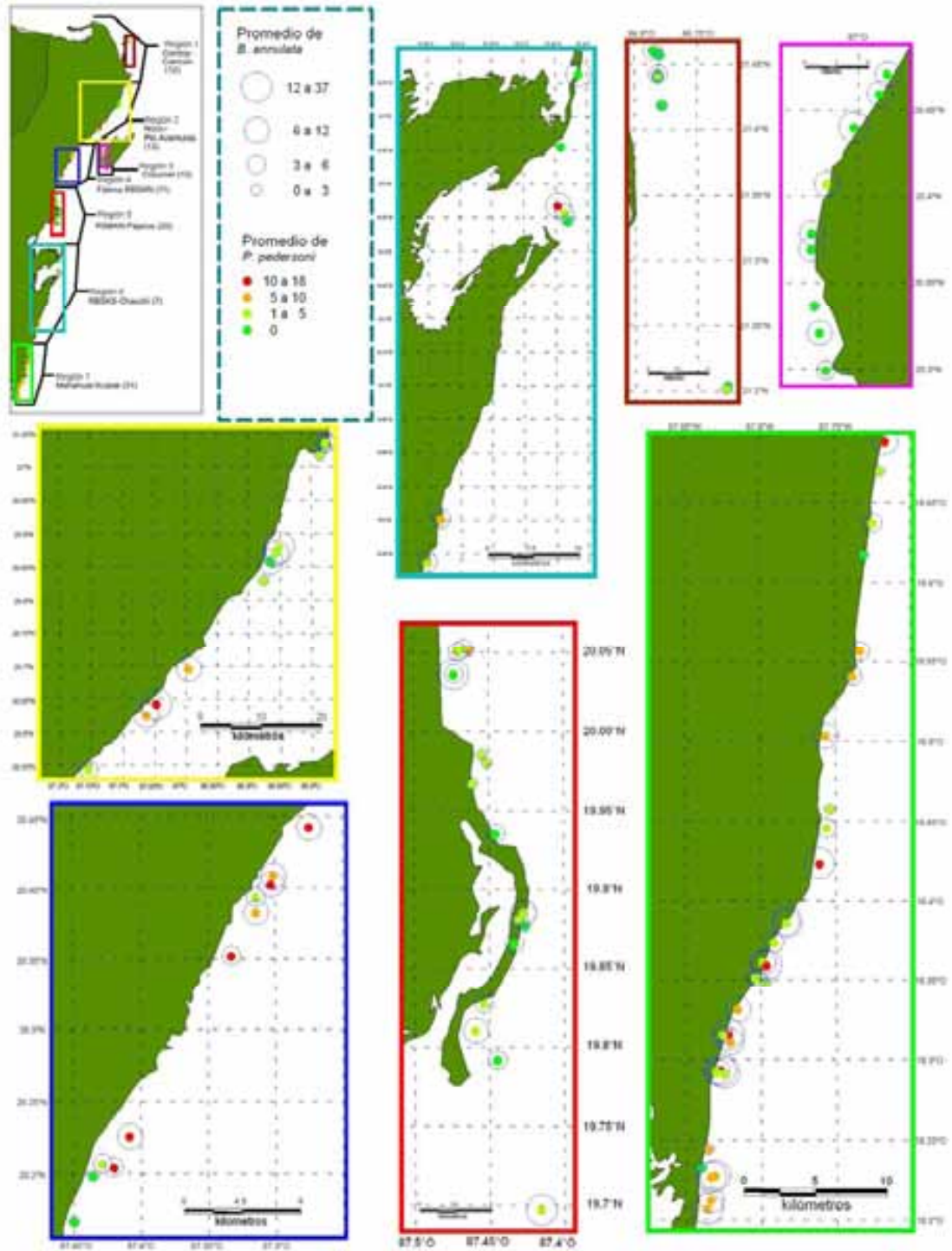


Figura 5.8. Mapa de la distribución y abundancia de *P. pedersoni* y su anémona hospedera *B. annulata*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *P. pedersoni* con colores. Datum NAD 27.

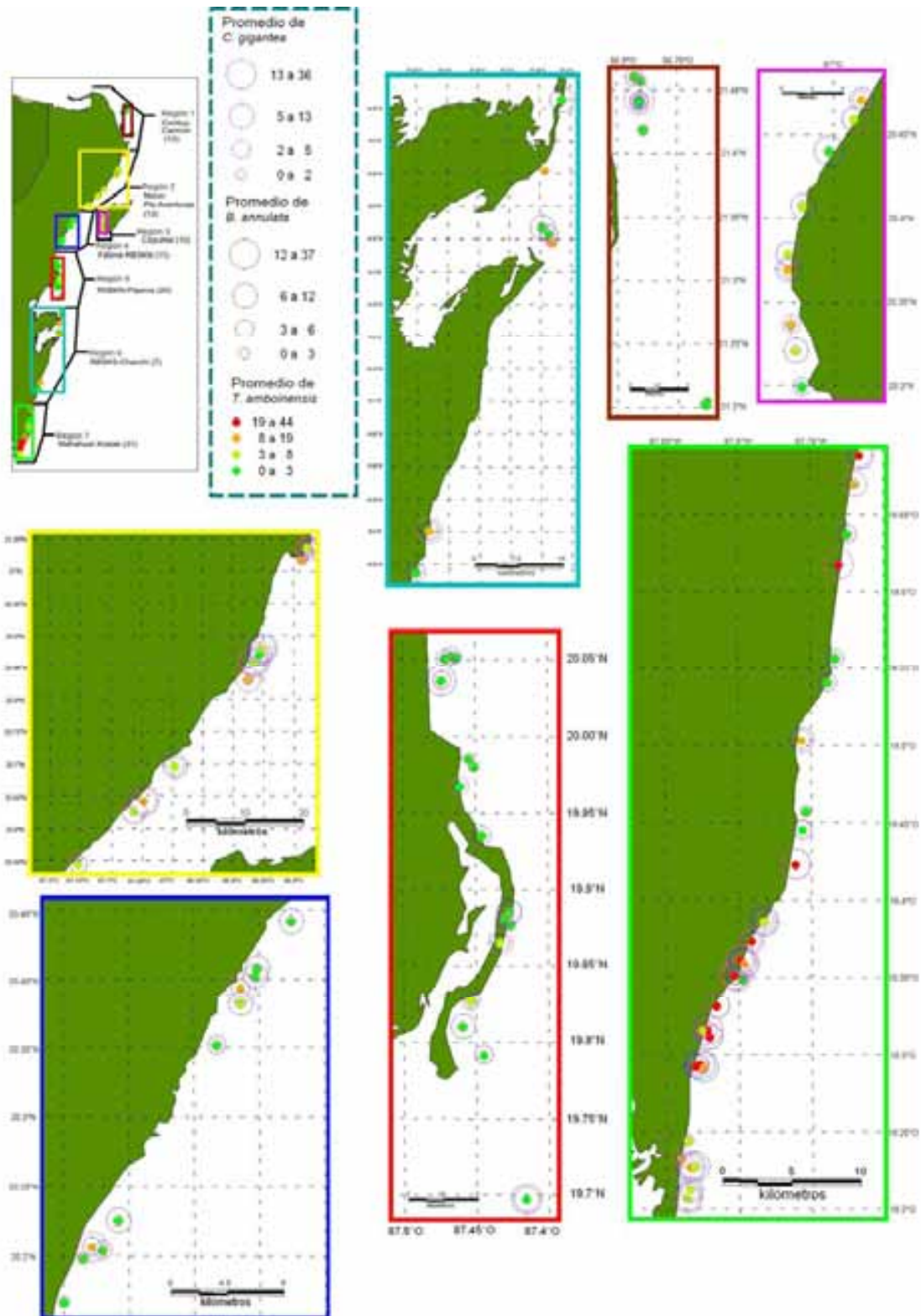


Figura 5.9 Mapa de la distribución y abundancia de *T. amboinensis* y sus anémonas hospederas *C. gigantea* y *B. annulata*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *T. amboinensis* con colores. Datum NAD 27.

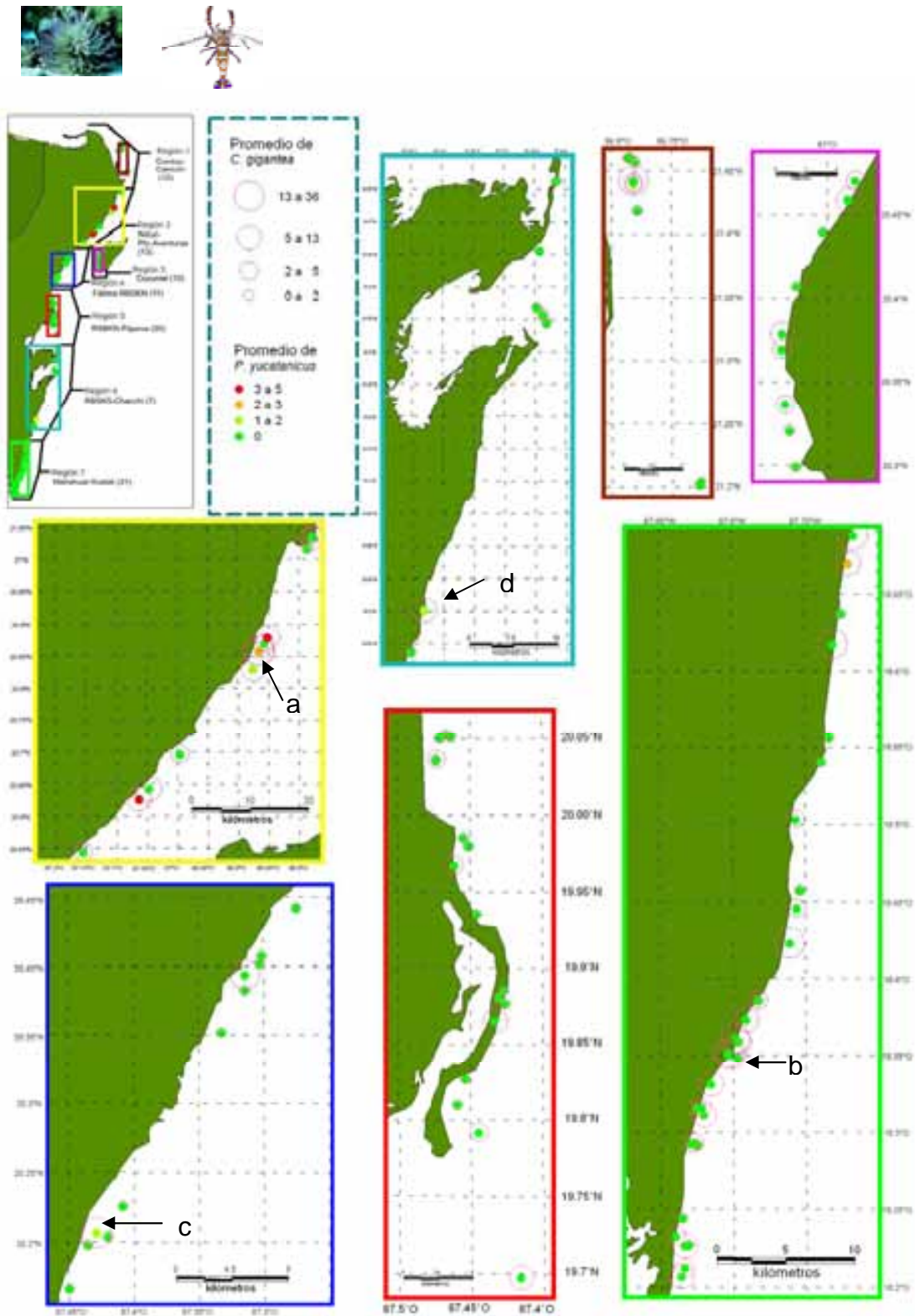


Figura 5.10. Mapa de distribución y abundancia de *P. yucatanicus* y sus anémona hospedera *C. gigantea*, en la costa del Caribe mexicano dividida en 7 regiones. Cada punto representa el promedio de anémonas o camarones observados en cada sitio de muestreo por los dos buzos. La abundancia de las anémonas esta simbolizada con los círculos de diferentes tamaños y la de *P. yucatanicus* con colores. Sitios en donde se encontró más abundantemente *C. gigantea*: a = Puerto Morelos, b = Xcalak, c = Tulum y d = Mahahual. Datum NAD 27.

5.3.1 Abundancia de anémonas Escala Caribe Mexicano

Generalmente, la especie *B. annulata* fue más abundante que *C. gigantea* (U de Mann-Whitney = 4.32, $p < 0.001$ $n=104$) (Figura 5.11), sin embargo la variación de la abundancia de *C. gigantea* fue mayor que la de *B. annulata*, ya que fueron más frecuentes los sitios con abundancia notable de *C. gigantea* (Figura 5.11).

De esta forma los máximos de *C. gigantea* fueron mayores que los de *B. annulata* (71 y 51 respectivamente) y se registraron más sitios de muestreo con valores de abundancia muy altos (extremos y fuera de rango) para *C. gigantea* (Figura 5.11).

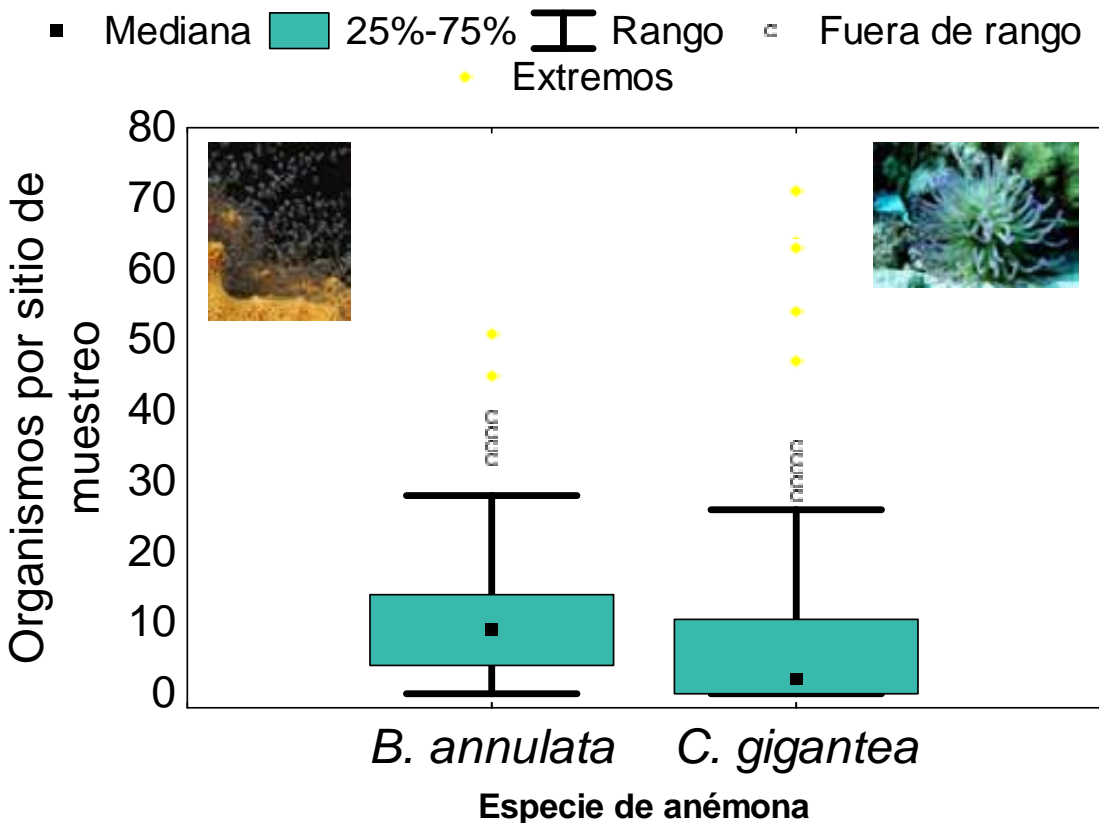


Figura 5.11 Número de individuos de anémonas *B. annulata* y *C. gigantea* censados por sitio de muestreo. Se representa la mediana (cuadros negros), los percentiles 25% y 75% (cajas), los valores fuera de rango (círculos) y los valores extremos (círculos amarillos). Los valores extremos y fuera de rango fueron calculados con un coeficiente de 1.5.

Durante los muestreos, fueron pocos los sitios en los que no se encontró ninguna especie de anémona *B. annulata* y *C. gigantea* (4 de 104 sitios) (Figura 5.12, a), la tendencia que prevaleció fue la de encontrar al menos una de estas especies.

En los sitios en donde fue abundante una especie, se observaron menos individuos de la otra (Figura 5.12, c y b) ya que no existe correlación entre una y otra especie ($r = 0.114$, $p = 0.2471$).

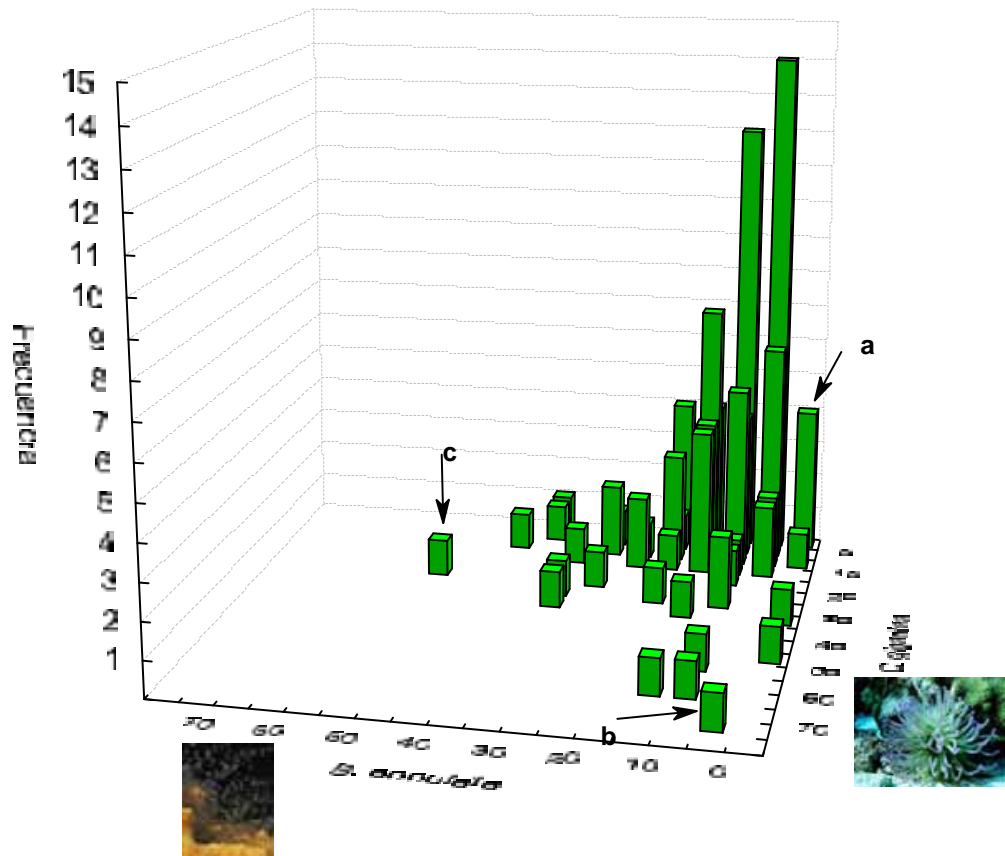


Figura 5.12 Frecuencia bivariada de número de individuos *B. annulata* ($n = 1180$) y *C. gigantea* ($n = 900$) por sitio de muestreo ($n = 104$). Representa el número de sitios de muestreo (eje Y) en los que se contabilizaron el número de *B. annulata* (eje X) y *C. gigantea* (eje Z). Donde a= número de sitios en donde no se encontró ni *B. annulata* ni *C. gigantea*, b= Sitio en donde se encontró mayor número de *C. gigantea* que de *B. annulata*, c= Sitio en donde se encontró mayor número de *B. annulata* que de *C. gigantea*.

5.3.2 Abundancia de anémonas Escala Regional

La abundancia de *B. annulata* en cada sitio de muestreo varió significativamente entre regiones (prueba de Levene's para datos ordenados, $F = 5.25$, $p < 0.001$) esta variación fue parecida entre algunas regiones y muy diferente en otras.

Ocurre lo mismo en el caso de la anémona *C. gigantea* (prueba de Levene's para datos ordenados, $F=3.80$, $p<0.01$) (Figura 5.13) pero de diferente forma, siendo en todas las regiones mayor la variación de la abundancia de esta anémona que la de *B. annulata* por sitio de muestreo (Figura 5.14).

En la región 1: Contoy-Cancún, ambas especies fueron poco abundantes y tuvieron un coeficiente de variación alto en comparación con las demás regiones, posiblemente relacionado con el bajo número de sitios muestreados en la región. En contraste con la región 7: Mahahual-Xcalak donde la abundancia de las dos especies fue mayor y su coeficiente de variación fue el menor, en esta región el número de sitios de muestreo fue el mayor.

En la región 6: RBSKS-Chacchi, se observó el mayor coeficiente de variación para ambas especies, siendo esta región donde se realizó el menor número de sitios de muestreos. Con respecto a la variación de la abundancia de ambas especies en las regiones 2: Nizuc-Pto Aventuras, 3: Cozumel y 4: Fátima- RBSKN, se observó que fue relativamente homogénea para *B. annulata* siendo menor que la variación de la abundancia de *C. gigantea*.

La anémona *B. annulata* se observó en abundancia en los arrecifes de Cozumel (región 3) y en dos sitios de la región 5: RBSKN-Pájaros, mientras la región con menor abundancia fue la correspondiente a Isla Contoy (región 1).

La anémona *C. gigantea* se observó frecuentemente en las regiones de Puerto Morelos a Playa del Carmen, Cozumel y Xcalak. En éstas regiones se encontraron los sitios con mayor abundancia en El Caribe, sin embargo en la región 4: Fátima-RBSKN, donde fue poco frecuente, se encontraron dos sitios de muestreo con alta abundancia. Las regiones en las que se observó con menor frecuencia fueron de Isla Contoy a Punta Nizuc y de Playa Aventuras a Mahahual (1, 4-6), aunque en la región 5: RBSKN-Pájaros donde fue menos abundante fue también donde se realizaron el menor número de sitios de muestreo.

El patrón de distribución regional de *B. annulata* fue más homogéneo que el de *C. gigantea*, dado que tanto entre los sitios de muestreo como entre regiones se observó menor variación en su abundancia (Figura 5.14).

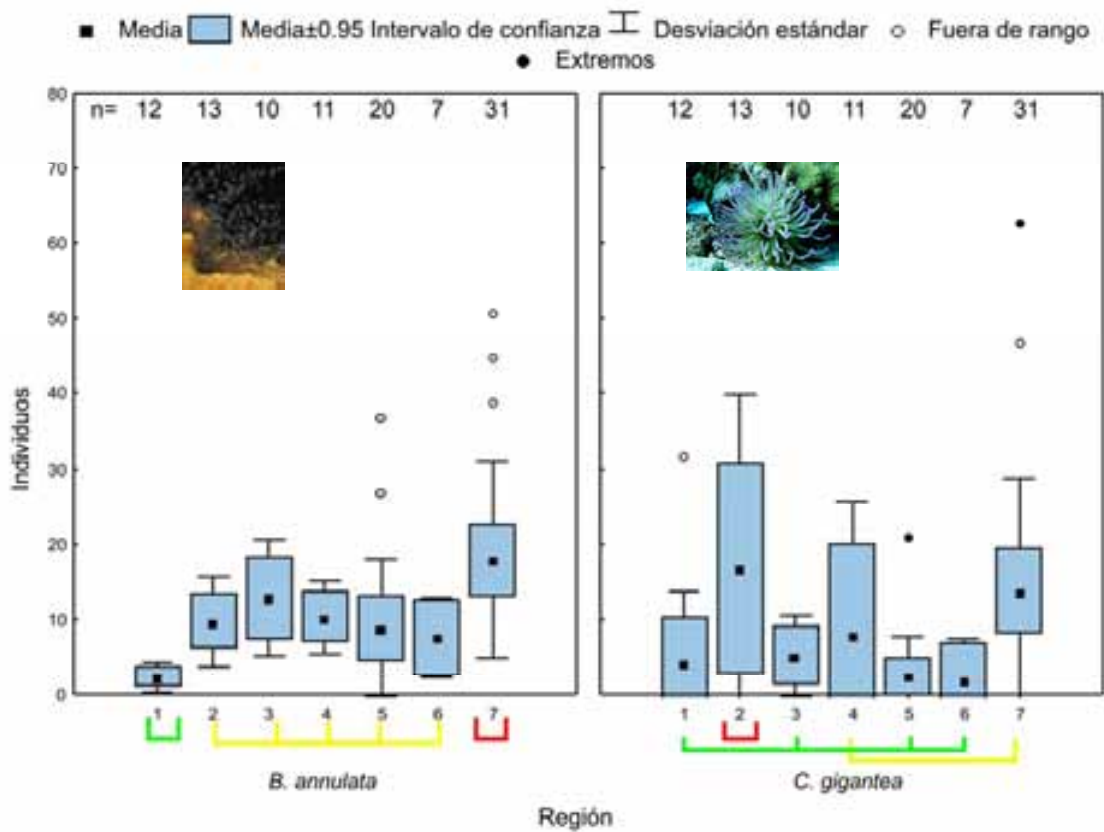


Figura 5.13 Individuos de anémonas *B. annulata* y *C. gigantea* censados por sitios de muestreo en las siete regiones del Caribe mexicano. Se representa la media (cuadros negros), la media \pm intervalo de confianza (cajas), la desviación estándar (líneas de dispersión) los valores fuera de rango (círculos) y los valores extremos (círculos negros) Las regiones se encuentran agrupadas por la magnitud de su abundancia media y la varianza: las regiones con media y varianza menores se encuentran agrupadas por una línea verde (—), las de media y varianza intermedia por una línea amarilla(—) y las de media y varianza mayores por una línea roja (—). 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RBSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.

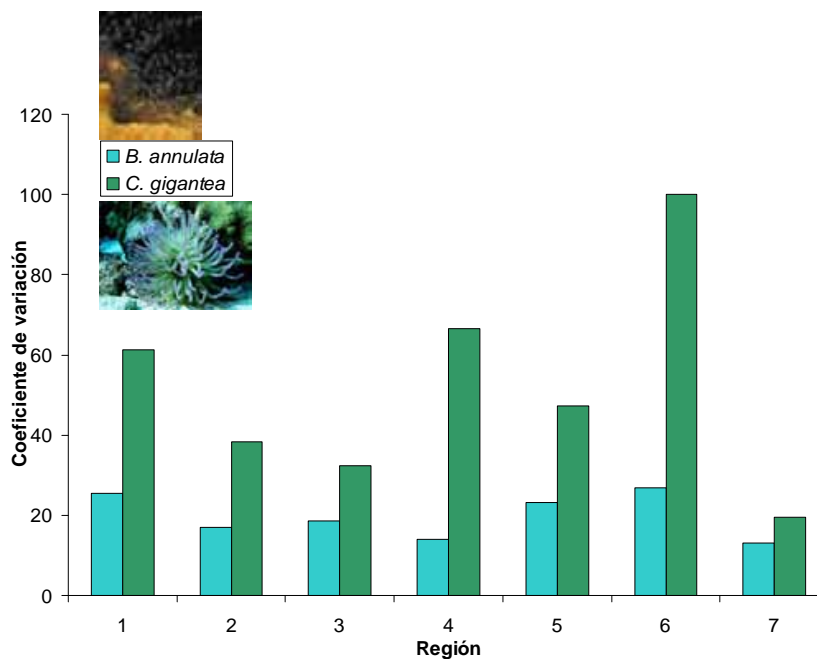


Figura 5.14 Coeficiente de variación de la abundancia entre sitios de muestreo para cada región, estimado en cada región independientemente para cada especie de anémona de la especie *B. annulata* (azul) y *C. gigantea* (verde). 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RBSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.

5.4 Asociaciones camarón-anémonas

5.4.1 Escala Caribe Mexicano

El presente estudio se enfocó a las especies *B. annulata* y *C. gigantea*, así como a cuatro de sus camarones hospederos, sin embargo se reportaron durante los muestreos algunas asociaciones entre las anémonas *Lebrunia danae* y *R. florida* con los camarones de interés para este estudio. Tal es el caso de *P. pedersoni* que se encontró principalmente con *B. annulata* y se observó en cuatro ocasiones con la anémona *L. danae* y en dos ocasiones con *R. florida*. Cabe mencionar que en cuatro ocasiones se encontraron individuos en cuevas sin estar asociados aparentemente a ningún hospedero.

El camarón *P. yucatanicus* se observó principalmente con *C. gigantea* y raras ocasiones con otras especies. *T. amboinensis* fue la especie que se registró en asociación con más especies de anémonas, especialmente con *C. gigantea* seguida

de *B. annulata* y con el genero *Stichodactyla* spp, en una ocasión se observó con una anémona del género *Discosoma* (Figura 5.15).

Alpheus armatus fue la única especie que siempre se encontró específicamente con una sola especie de anémona, *B. annulata*.

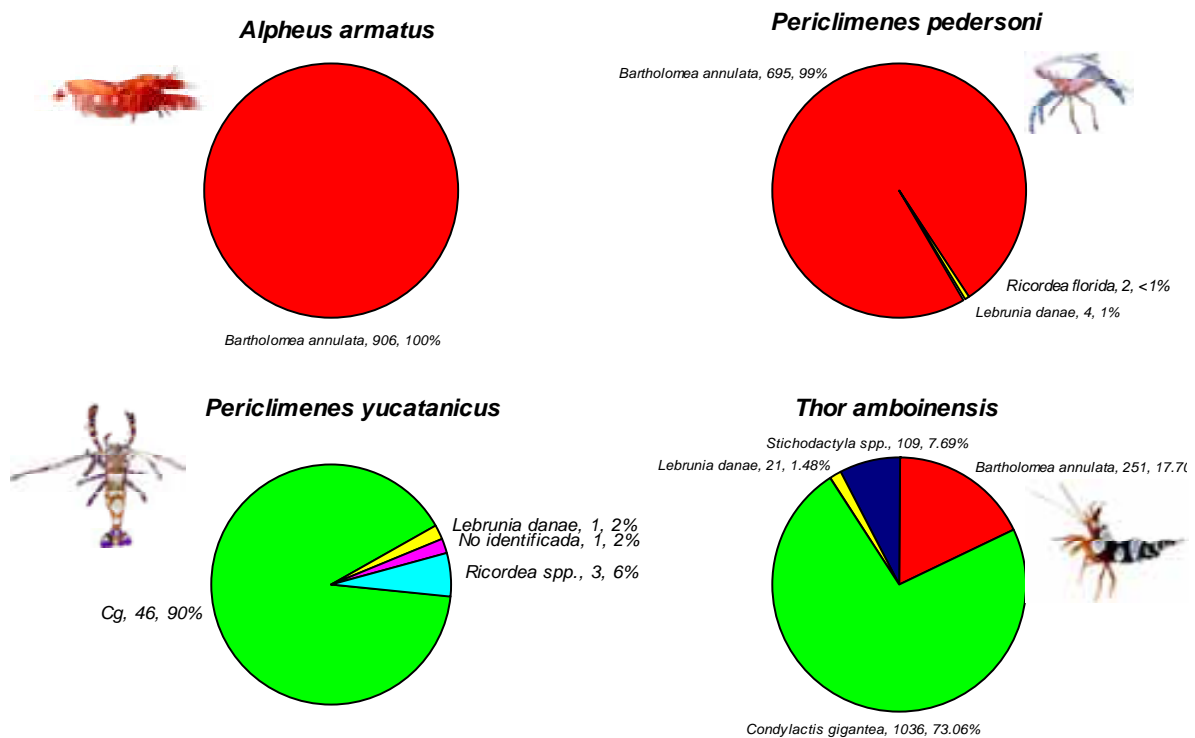


Figura 5.15 Porcentaje de individuos de las especies de camarones *A. armatus*, *P. pedersoni*, *P. yucatanicus*, *T. amboinensis* observados en asociación con *Bartholomea annulata*, *Condylactis gigantea* (Cg), *Discosoma* spp, *Lebrunia danae*, *Ricordea florida*, *Stichodactyla* spp.

5.4.2 Escala Regional

En todas las regiones *T. amboinensis* se encontró asociado principalmente con *C. gigantea*, sin embargo a partir de la región 2: Nizuc-Pto. Aventuras hasta la 7: Mahahual-Xcalak aumentó gradualmente la proporción de la asociación con *B. annulata*, siendo más notable en las regiones 4: Fátima-RBSKN, 5:RBSKN-Pájaros y 7: Mahahual-Xcalak. La asociación con *Stichodactyla* spp, prevaleció en las regiones 3: Cozumel y 6: RSBKS-Chacchi con *Lebrunia danae* se presentó en las regiones 1: Contoy-Cancún y 2: Nizuc-Pto. Aventuras. (Figura 5.16). En las únicas regiones en las

que se encontró *P. pedersoni* con otro hospedero diferente a *B. annulata* fue en las regiones 2: Nizuc-Pto. Aventuras con *L. danae* y en la 5: RBSKN-Pájaros con *R. florida*. El camarón *P. yucatanicus* también se observó en asociación con estas dos especies en las regiones 4: Fátima-RBSKN y 5:RBSKN-Pájaros (Figura 5.16). Las regiones que presentaron mayor diversidad de asociaciones fueron la región 5: RBSKN-Pájaros donde las tres especies de camarón tuvieron el máximo número de asociaciones por región así como la región 2: Nizuc-Pto. Aventuras donde solo se observaron dos asociaciones de la especie *P. yucatanicus* (Figura 5.16).

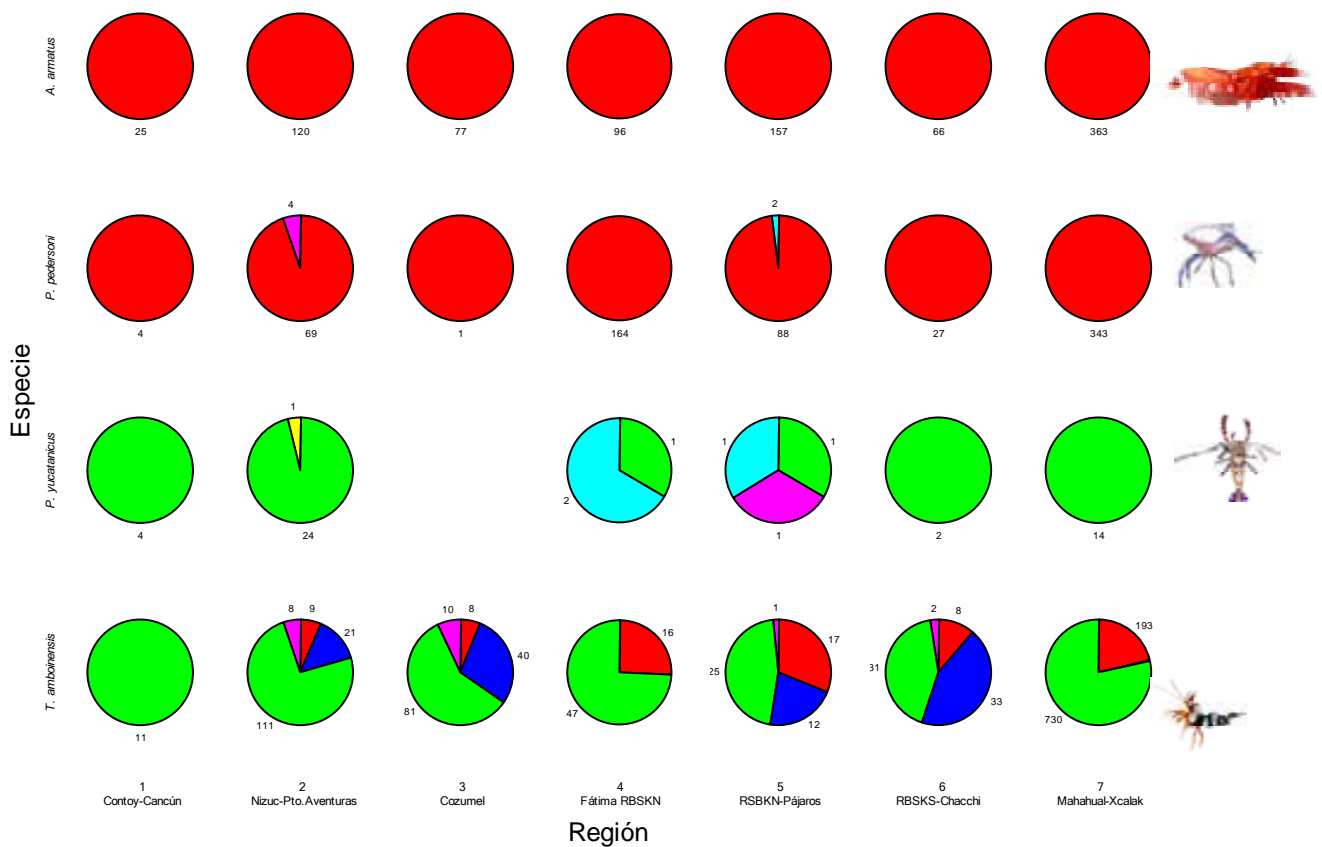


Figura 5.16 Porcentaje de camarones de las especies de interés (*A. armatus*, *P. pedersoni*, *P. yucatanicus*, *T. amboinensis*) en asociación con 6 anémonas (*B. annulata* = rojo, *C. gigantea* = verde, *Lebrunia danae* = rosa, *Ricordea florida* = azul claro, *Stichodactyla spp* = azul oscuro, especie no identificada = amarillo).

5.4.3 Abundancia regional de anémonas con camarones

Entre las regiones del Caribe mexicano, se observaron diferencias en las proporciones de anémonas sin camarones y con presencia de camarones (con uno y con más de uno). (Figura 5.17 y Figura 5.18). La región en la que hubo proporcionalmente más anémonas *B. annulata* con *A. armatus* fue la 6: RBSKS-Chacchi, mientras que en la región 5: RBSKN-Pájaros fue mayor la proporción de anémonas con más de un camarón; en el caso particular de *A. armatus* en ningún caso se observaron más de dos camarones por anémona.

La proporción de anémonas *B. annulata* sin *A. armatus* fue menor en las regiones 1: Contoy-Cancún, 2: Nizuc-Pto. Aventuras y 6: RBSKS-Chacchi, siendo en éstas y en la 4: Fátima-RBSKN, mayor la proporción de anémonas con sólo un camarón de esta especie.

Con respecto a la asociación de *B. annulata* y *P. pedersoni*, predominó en casi todas las regiones una mayor proporción de anémonas sin camarones, seguida de anémonas con uno, y en menor proporción anémonas con más de uno; la región 4: Fátima-RBSKN fue la excepción, siendo en ésta, la mayor proporción de anémonas con más de un camarón. En el caso de la asociación de *B. annulata* con *T. amboinensis* se observó un incremento gradual de la proporción de anémonas con más de un camarón hacia el sur del Caribe mexicano. En el caso de la asociación de esta especie de camarón con *C. gigantea*, en casi todas las regiones, excepto en la 3: Cozumel, fue mucho mayor la proporción de esta anémona sin *T. amboinensis*, por otro lado únicamente en la región 1: Contoy-Cancún la proporción de anémonas con un camarón fue mayor que la proporción de anémonas con más de uno (Figura 5.18). *Condylactis gigantea* se encontró con parejas de *P. yucatanicus* únicamente en las regiones 1: Contoy-Cancún y 2: Nizuc-Pto. Aventuras.

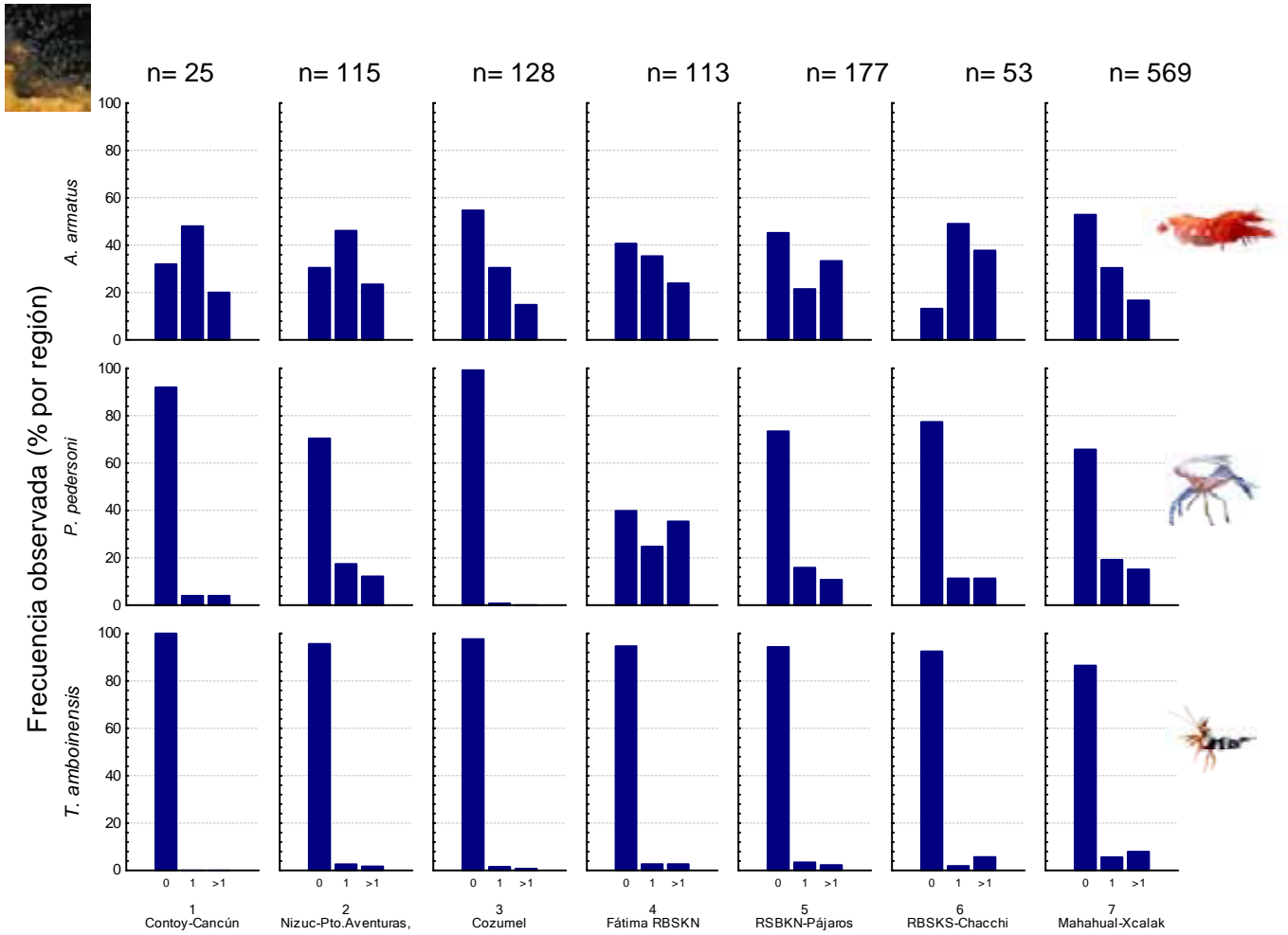


Figura 5.17. Frecuencia relativa (%) de anémonas *B. annulata* con cero, uno y más de un camarón (0, 1 y >1) de las especies *A. armatus*, *P. pedersoni* y *T. amboinensis*, en las 7 regiones del Caribe mexicano. El porcentaje está relativizado al total de anémonas encontradas por región (n).

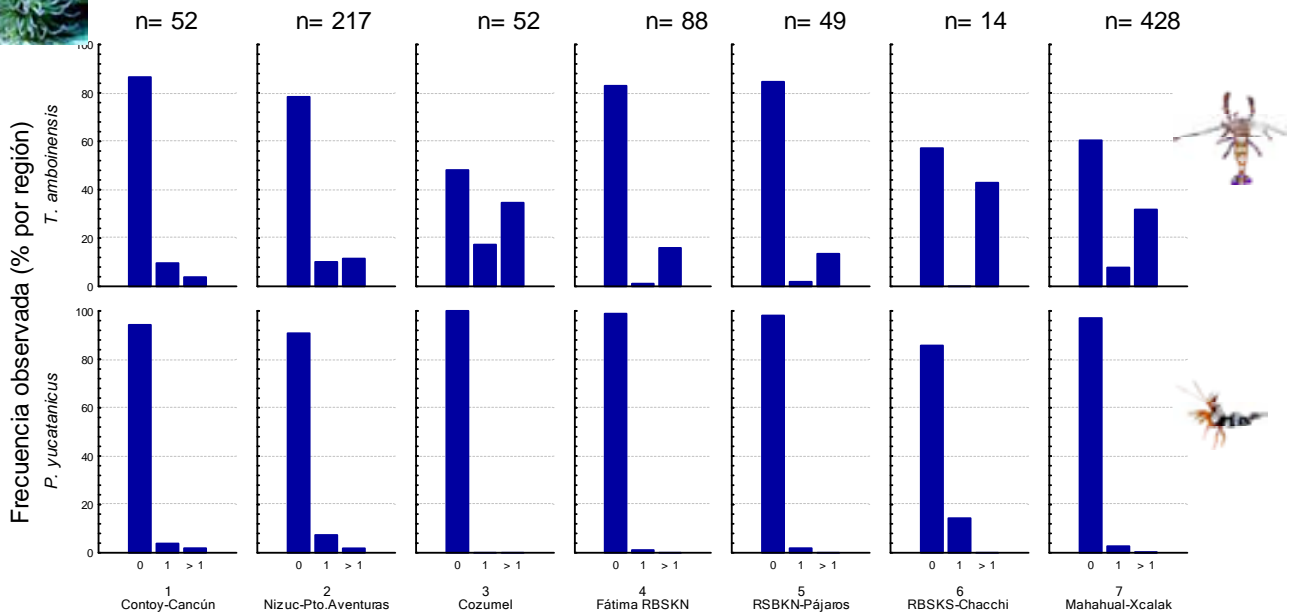


Figura 5.18. Frecuencia relativa (%) de anémonas *C. gigantea* con cero, uno y más de un camarón (0,1 y >1) de las especies *P. yucatanicus* y *T. amboinensis*, en las 7 regiones del Caribe mexicano. El porcentaje está relativizado al total de anémonas encontradas por región (n).

5.5 Efecto del tamaño de la anémona en el número de simbioses conespecíficos

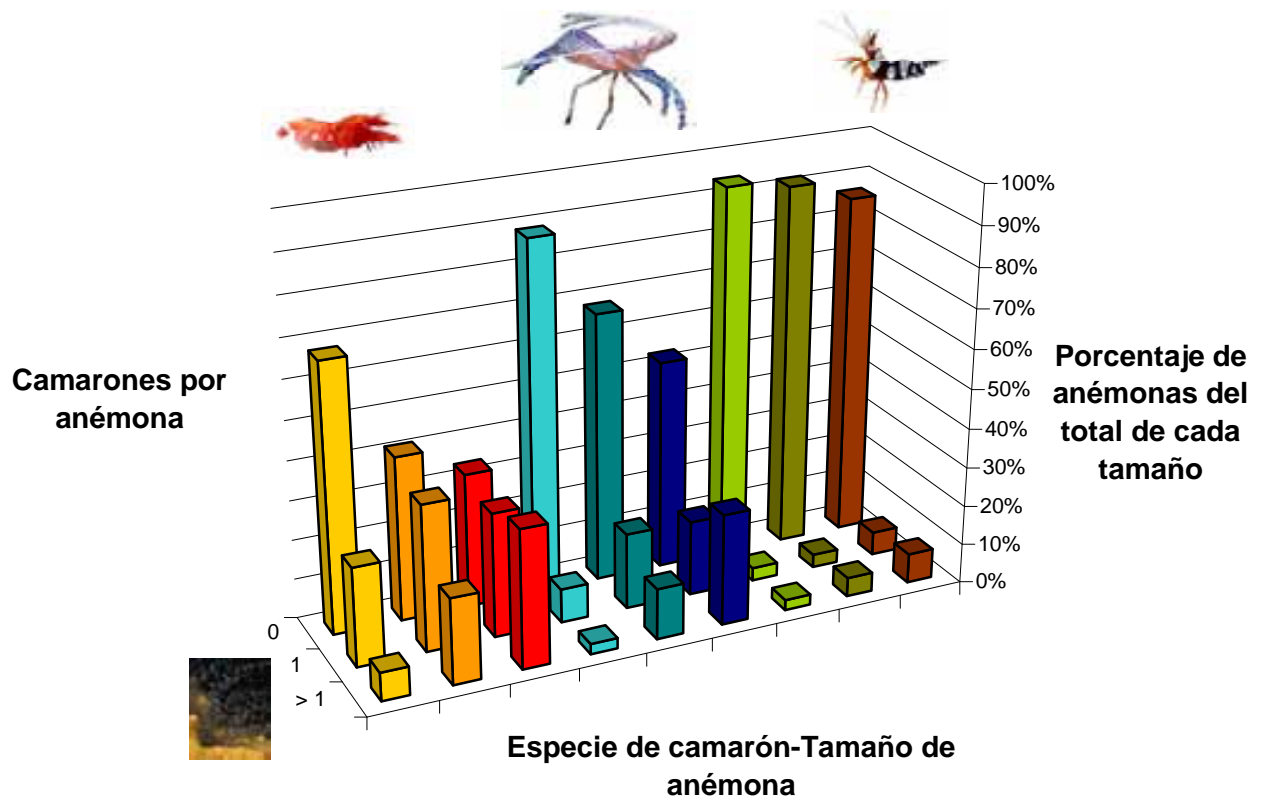
Fue común encontrar más de un simbiote de la misma especie por hospedero. En el caso de *B.annulata* el número máximo de *A. armatus* asociados a cada anémona fue de dos camarones, de la especie *P. pedersoni* se observaron hasta 15 individuos y 12 de la especie *T. amboinensis*, mientras que en *C. gigantea* éste último se observó en mayor cantidad, hasta 23 camarones y de *P. yucatanicus* el máximo fueron 2 camarones por anémona.

El tamaño de la anémona afectó el número de camarones presentes en ella, la frecuencia de anémonas con más de un camarón fue menor cuando el tamaño de las anémonas era “chica”. De forma contraria, las anémonas de mayor tamaño tuvieron con más frecuencia más de un simbiote de la misma especie y la proporción de anémonas sin simbioses disminuyó con el tamaño del hospedero (Figura 5.19 y

Figura 5.20). En la anémona *B. annulata* este efecto fue más significativo con *P. pedersoni* y *A. armatus* ($\chi^2 = 114.96$, $p < 0.001$ y $\chi^2 = 449.40$, $p < 0.001$, respectivamente) y menos significativo con *T. amboinensis* ($\chi^2 = 12.15$, $p < 0.05$). Se observó un comportamiento parecido de esta especie de camarón con *C. gigantea* ($\chi^2 = 4.44$, $p < 0.05$), y es notorio que la proporción de anémonas con más de un camarón es más común que con solo uno.

Las escasas anémonas *C. gigantea* (40) que fueron observadas con *P. yucatanicus* generalmente sólo tenían a un individuo (34) y a diferencia de las otras especies de camarones, no hubo una asociación significativa entre el tamaño del hospedero y el número de *P. yucatanicus* ($\chi^2 = 3.32$, $p = 0.64$).

De las 1180 anémonas de la especie *B. annulata*, se observaron significativamente más de la mitad de anémonas con *A. armatus* (634) ($\chi^2 = 6.40$, $p < 0.05$). Ésta fue la única especie que se encontró en más de la mitad de los individuos de su especie hospedera.



- Alpheus armatus - Chica
- Alpheus armatus - Mediana
- Alpheus armatus - Grande
- Periclimenes pedersoni - Chica
- Periclimenes pedersoni - Mediana
- Periclimenes pedersoni - Grande
- Thor amboinensis - Chica
- Thor amboinensis - Mediana
- Thor amboinensis - Grande

Figura 5.19 Frecuencia relativa (%) de anémonas *B. annulata*, chicas (tonos claros), medianas (tonos intermedios) o grandes (tonos oscuros) en las que se encuentran 0,1, > 1 camarones de las especies *A. armatus* (tonos amarillo-rojo), *P. pedersoni* (turquesa-azul marino) o *T. amboinensis* (verde-café). El total de *B. annulata* fue 1180, 305 chicas, 568 medianas y 307 grandes.

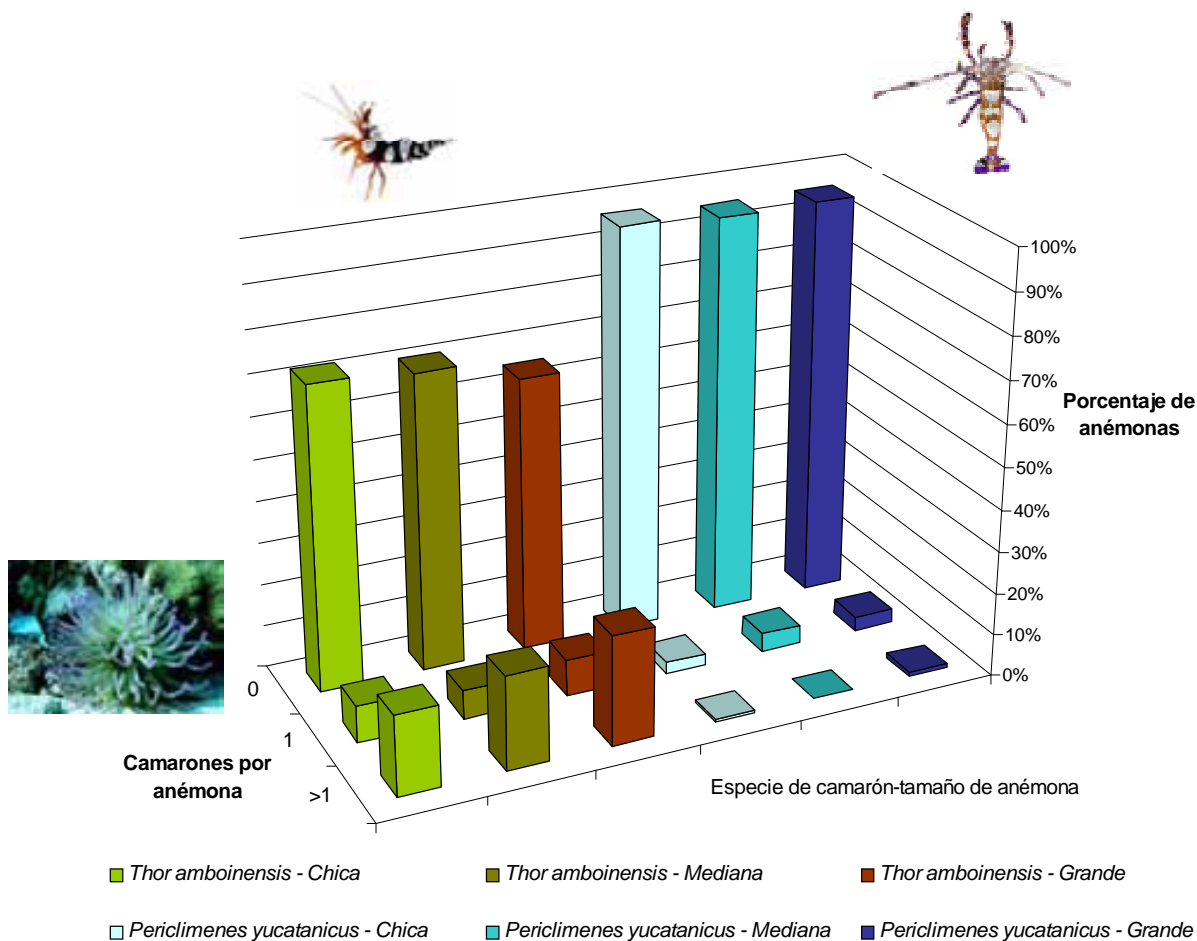


Figura 5.20 Frecuencia relativa (%) de anémonas *C. gigantea*, chicas (tonos claros), medianas (tonos intermedios) o grandes (tonos oscuros) en las que se encuentran 0,1, > 1 camarones de las especies *T. amboinensis* (tonos verde-café), *P. yucatanicus* (azul). El total de *C. gigantea* fue 900, 145 chicas, 400 medianas y 355 grandes.

5.6 Densidad de camarones en anémonas

Para todas las especies de camarones excepto para *P. yucatanicus* varió significativamente la mediana de la densidad de camarones por anémona entre regiones (Figura 5.21 y Figura 5.22).

Las regiones con mayor densidad de camarones, fueron la 5: RBSKN-Pájaros y 6: RBSKS-Chacchi para *A. armatus*; la 4: Fátima-RBSKN y la 5:RBSKN-Pájaros para *P. pedersoni*, y la 1: Contoy-Cancún y 2: Nizuc-Pto. Aventuras para *P. yucatanicus*. *Thor amboinensis* tuvo una menor mayor densidad con *C. gigantea* en las regiones 3: Cozumel y 7: Mahahual-Xcalak, mientras que con *B. annulata* la región con mayor densidad fue la 6: RBSKS-Chacchi.

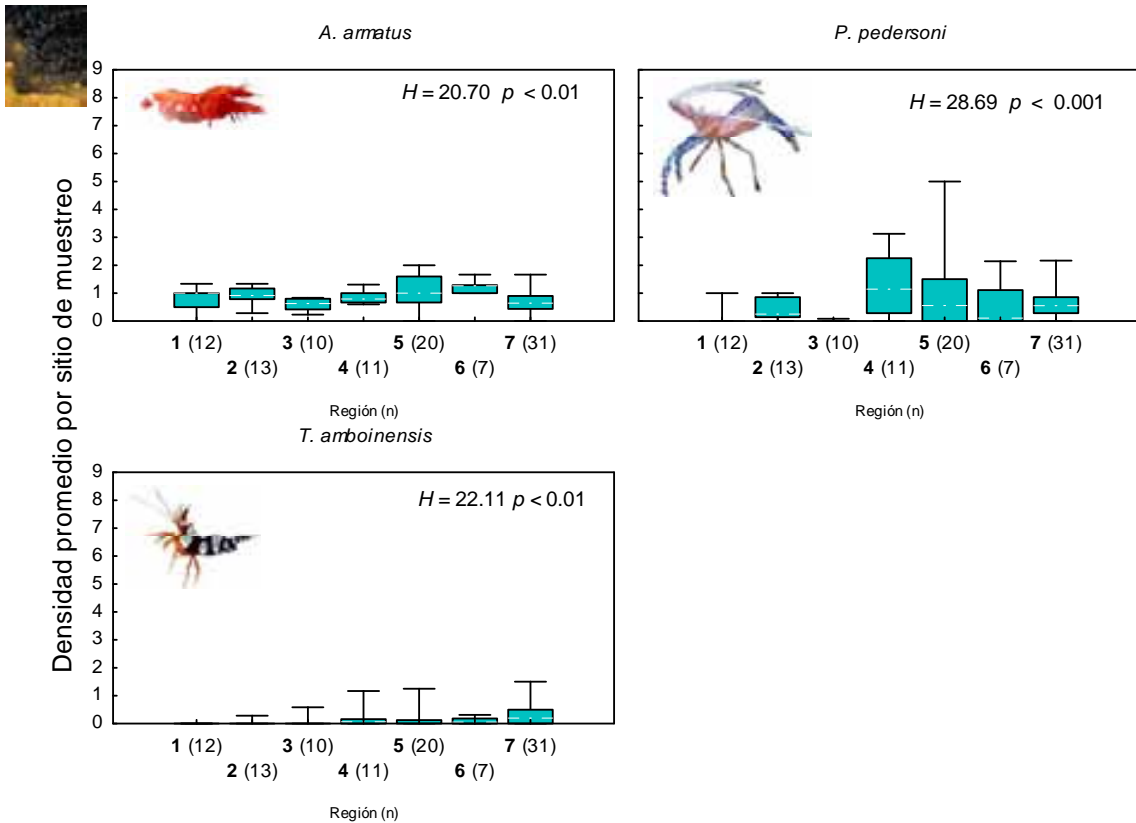


Figura 5.21 Densidad promedio por sitio de muestreo de camarones (*A. armatus*, *P. pedersoni* y *T. amboinensis*) en anémonas *B. annulata* en las siete regiones del Caribe mexicano. Para cada especie de camarón se representa por región la mediana (línea punteada), el percentil 25 y 75% y el máximo y el mínimo (barras). En el extremo superior derecho de cada grafica se encuentran los estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis. La n es el número total de sitios de muestreos por región 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RBSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.

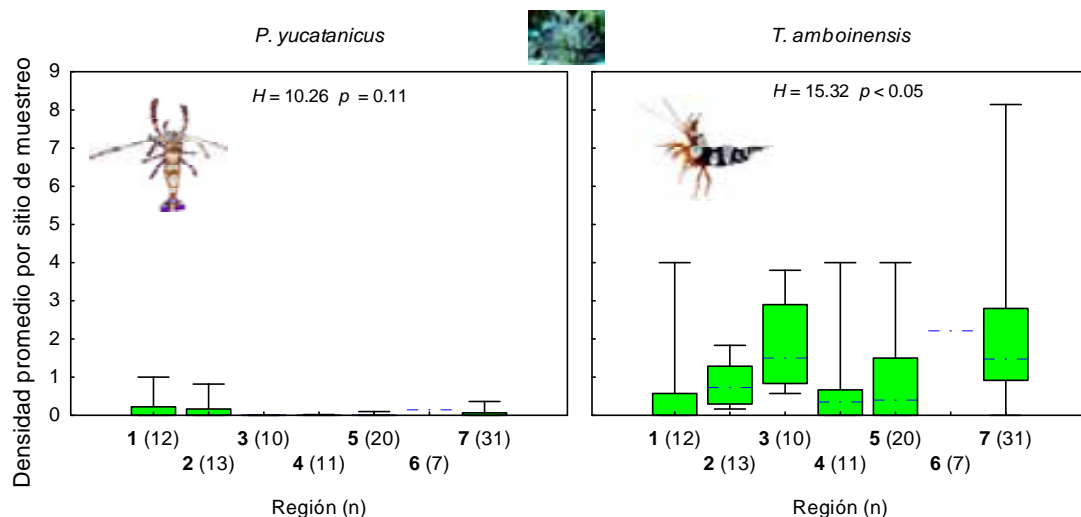


Figura 5.22 Densidad promedio por sitio de muestreo de camarones (*P. yucatanicus* y *T. amboinensis*) en anémonas *C. gigantea* en las siete regiones del Caribe mexicano. Para cada especie de camarón se representa por región la mediana de los sitio de muestro (línea punteada), el percentil 25 y 75%, el máximo y el mínimo (barras). En el extremo superior derecho de cada gráfica se encuentran los estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis. 1=Contoy-Cancún, 2= Nizuc-Pto.Aventuras, 3=Cozumel, 4= Fátima RBSKN, 5= RSBKN-Pájaros, 6= RBSKS-Chacchi y 7=Mahahual-Xcalak.

6 DISCUSIÓN

El estudio de camarones simbiontes y anémonas hospederas ha sido abarcado en diferentes aspectos, por un lado se han estudiado aspectos taxonómicos de los camarones (Knowlton y Keller 1983; 1985; Wicksten 1995; Spotte 1999) los cuales han ayudado a entender su evolución. También se ha estudiado intensamente la especificidad de la asociación (Gwaltney y Brooks 1994; Guo *et al.* 1996; Wirtz 1997; Williams y Bunkley-Williams 2000; Stevens y Anderson 2000) lo que está estrechamente relacionado con la aclimatación y selección del hospedero (Levine y Blanchard 1980; Crawford 1992; Rodríguez 2007b; Santamaría 2008).

Son pocos los estudios enfocados a encontrar las variables involucradas en la distribución y abundancia de las anémonas hospederas (Barrios-Suárez *et al.* 2002; Hattori 2006). Así mismo se han realizado sólo algunas investigaciones involucradas con factores ecológicos generales, tanto de los camarones simbiontes, como de sus hospederos y la relación entre estos (Mahnken 1972; Nizinski 1989; Silbiger y Childress 2008) los cuales se realizaron en un sólo arrecife o con pocos sitios de muestreo (máximo 7).

En México el estudio de estos organismos es escaso, únicamente existe un registro de las diferentes tipos de anémonas que se encuentran en Puerto Morelos (González 2009).

El presente estudio no sólo es el primero en estudiar camarones simbiontes de anémonas en México en campo, sino que también es el primero con un enfoque ecológico general, en abarcar un área tan amplia como lo es el Caribe mexicano, consiguiendo de este modo un alto número total de muestreos que permite encontrar patrones generales que sean las bases para en un futuro determinar los patrones específicos.

Al ser este trabajo el primer estudio de este tipo en la región, se realizó una metodología de muestreo que permitiera abarcar la mayor cantidad de sitios de

muestreo en toda la costa de Quintana Roo con presencia de arrecifes. Esto permitió registrar la amplitud de la variabilidad de los factores ecológicos medidos. La alta variabilidad de la abundancia entre los sitios de muestreo a pesar de su cercanía (efecto pirita) no permitió que se realizaran análisis geoestadísticos por lo que se decidió dividir el Caribe mexicano en regiones, a partir de descripciones geomorfológicas y composición de los arrecifes (pag 26, Figura 4.2). Al ser tan grande la zona de interés, la variación entre regiones es alta, por lo que el número de sitios posibles para encontrar las especies de interés no fueron iguales entre regiones, esto provocó la desigualdad entre el número de sitios de muestreo por región.

6.1 Microhábitat

El hábitat está determinado por una serie de factores bióticos y abióticos que interactúan con los rangos funcionales de las especies para controlar las propiedades del ecosistema, determinando así su distribución y abundancia (Rodríguez 2007a).

Para muchas especies marinas, entre ellas cnidarios bentónicos, los arrecifes coralinos son ambientes especialmente heterogéneos que ofrecen diversos tipos de hábitat óptimos y sub-óptimos (Richardson 1999). Las principales variables que afectan la estructura de las comunidades coralinas son: luminosidad (Iglesias-Prieto *et al.* 2004), la velocidad de las corrientes, transporte de sedimentos, temperatura del agua, competencia intra e interespecífica, depredación, bioperturbación y mutualismo (Glynn 1976).

En el caso específico de las anémonas se ha determinado que los factores que están relacionados con la selección de hábitat, fijación y permanencia son: la intensidad lumínica, la profundidad (Hattori 2006), el flujo de agua con respecto a la forma y consistencia de las anémona así como, la forma, el tamaño y la distribución de las grietas en el sustrato (Barrios-Suárez *et al.* 2002).

Los resultados del presente estudio muestran que las dos especies de anémonas presentaron similitudes en la selección de sustrato, pues ambas fueron más

abundantes en macizo calcáreo, posiblemente porque éste provee una plataforma rígida donde estos cnidarios pueden fijar el pie con mayor estabilidad.

A diferencia del sustrato plataforma calcárea, el macizo calcáreo es muy heterogéneo lo que disminuye la velocidad de las corrientes, aumentando la tasa de reclutamiento (Hattori 2006) así como posiblemente disminuye la tasa de desprendimiento. Aunque no se puede determinar preferencia por este sustrato debido a que no se estimó su dominancia relativa en los sitios de muestreo, la mayor abundancia de anémonas en sustratos semejantes a macizo calcáreo concuerda con las observaciones de varios autores (Mahnken 1972; Criales 1979; Nizinski 1989; Hattori 2006).

La razón por la que *B. annulata* se observó principalmente en cueva-interfase (intersección entre la roca y la arena) en todos los sustratos quizá está relacionada con la presencia de su simbiote obligado *A. armatus*. Las observaciones realizadas concuerdan con las de Knowlton (1985) quién encontró que este camarón excava en el sustrato, contribuyendo con la formación de una cavidad de mayor tamaño donde la anémona puede extender sus tentáculos ampliamente. Es en interfase en donde se conjuntan las propiedades de un sustrato duro que protege de las corrientes y un sustrato arenoso que permita la excavación por dicho simbiote. De esta forma, las anémonas que se encuentran en interfase se benefician por la asociación con *A. armatus* en dos aspectos:

- La protección que ofrece contra los depredadores bentónicos (gusanos de fuego) (Knowlton 1985).
- La cueva excavada, lo que permite la mayor extensión de sus tentáculos, aumentando las posibilidades de capturar presas y la posibilidad de retraerse rápidamente en respuesta a posibles depredadores nectónicos.

A diferencia de *B. annulata*, la anémona *C. gigantea* no se ha reportado asociada con un simbiote que favorezca su asentamiento en un microhábitat específico, de este modo la elección del microhábitat está principalmente regulada por la interacción entre las necesidades de la anémona y los microhábitats disponibles.

Ya que *C. gigantea* es una anémona de gran tamaño, con tentáculos grandes y un pie grueso, es de esperarse que ésta se encuentre más frecuentemente en los microhábitat compuestos por un sustrato estable pero con alta complejidad (principalmente macizo calcáreo) que provea a la anémona un refugio contra las corrientes.

Por otro lado, la preferencia de esta anémona por sitios expuestos a mucha radiación (Nizinski 1989; LaJeunesse 2002) posiblemente esté relacionada con la abundancia de anémonas en posiciones donde puedan captar los rayos del sol, pero que le permitan resguardarse de las corrientes y de los depredadores, tal es el caso de grieta-lateral y grieta-arriba, donde la estructura grieta provee la protección y la posición permite la exposición a los rayos del sol. El establecimiento de anémonas en cuevas y grietas coincide con las reportadas para otras especies de anémonas como *Phymactis clematis* (Baeza y Stotz 2003).

6.2 Distribución y abundancia de anémonas

La distribución y abundancia de los organismos está determinada fuertemente por las características fisiológicas, reproductivas, morfológicas y conductuales. La selección del microhábitat está en gran parte determinada por estos factores y la variación geográfica de los componentes principales para los hábitat influye en la distribución de los organismos. Sin embargo, la disponibilidad de lugares idóneos para el asentamiento no es suficiente para que se encuentren los organismos, también influyen fuertemente las estrategias de reproducción y dispersión de éstos. La anémona *B. annulata* se reproduce tanto sexual como asexualmente, su ciclo de reproducción es bianual (Lemay 2008), lo que le permite dispersarse en dos ocasiones al año, a diferencia de *C. gigantea* que se reproduce de forma sexual exclusivamente con un pico de reproducción en el verano pero con una reproducción baja durante todo el año (Silva 2000).

Aunque se encontró más abundantemente *B. annulata* que *C. gigantea*, ésta última se presentó de una manera más agrupada, lo que podría deberse a que existen sitios en donde las condiciones son más propicias para su establecimiento en donde intervienen muchos factores como son: la intensidad lumínica, microhábitat, reproducción, asentamiento de larvas, corrientes, complejidad, cobertura de coral vivo en donde ocurre el reclutamiento de esta especie. Con la información obtenida es difícil diferenciar cuáles de los factores mencionados anteriormente son los que influyeron más determinadamente en las diferencias encontradas en la distribución y abundancia de estas dos especies de anémonas. Serían varias etapas las que marcarían las diferencias encontradas, la primera el asentamiento (Scott y Harrison 2008), la segunda, la movilidad de las anémonas asentadas la cual aunque es restringida, posiblemente afecta su distribución (Mitchell 2003), la tercera es la depredación. Dadas estas variables sería de suma importancia un estudio temporal donde se muestreara el asentamiento, el movimiento y la depredación de anémonas en relación a las variables ambientales mencionadas, la presencia de depredadores e inclusive la presencia de larvas de camarones simbioses, ya que es posible que para el caso de *B. annulata* la posibilidad de establecer simbiosis con *A. armatus* disminuya drásticamente su depredación, aumentando su abundancia.

6.3 Efecto de la profundidad en la abundancia de anémonas

Las anémonas y cnidarios establecen simbiosis con zooxantellas, por lo que en el ectodermo es necesaria una capa translúcida que permita la recepción de luz de estos organismos, sin embargo en este tejido es necesaria la protección de los rayos UV. Diversas especies de organismos marinos presentan como protección aminoácidos parecidos a microsporinas (MAAs) absorbentes de UV, *C. gigantea* no es la excepción (Stoletzki y Schierwater 2005). Se ha demostrado que la coloración de

esta especie no está relacionada con la abundancia de zooxantellas, por lo que su coloración está más relacionada con la protección al UV, incluso presenta diferencias de color conforme a la profundidad: en aguas más luminosas son más frecuentes las anémonas de color verde y en aguas más oscuras las de color claro con rosa (Stoletzki y Schierwater 2005), sin embargo en el presente estudio se observaron anémonas de diferentes tonalidades de colores independientemente a la profundidad (obs. pers. Dr. Nuno Simoes). Sería necesario realizar estudios enfocados a estas diferencias para identificar los factores que intervienen en la coloración de las puntas de los tentáculos de estos organismos. En contraste *B. annulata* parece no presentar una protección en el endodermo, en la parte donde se encuentran las zooxantellas la anémona es totalmente translúcida, únicamente presenta coloración blanca en donde se agrupan los cnidocistos. Esta diferencia entre *C. gigantea* y *B. annulata*, sugiere que la razón por la que se encontró *C. gigantea* más frecuentemente en aguas someras es por la diferencia de protección contra los UV. Quizás es también por esta razón que *B. annulata* se encuentra más comunmente en lugares más protegidos con menor exposición a la luz, como es la estructura cueva en el interfase, en comparación con la mayor plasticidad de *C. gigantea* en cuanto a la abundancia en los diferentes microhábitats. Otro factor que está relacionado con la resistencia a los rayos UV, son las especies de *Symbiodinium* con las que se encuentra asociada la anémona. La especie *B. annulata* se ha encontrado en los arrecifes en simbiosis únicamente con el tipo natural C1, en cambio *C. gigantea* se ha registrado en el mismo arrecife con los tipos naturales A3, A4, A4a, B1 y C1 (LaJeunesse 2002). El grupo de tipo A es el único tipo de *Symbiodinium* que produce aminoácidos parecidos a microsporinas (MAAs) (Banaszak *et al.* 2000) los cuales proveen de protección contra la radiación dañina. De esta manera la simbiosis de *C. gigantea* con diversas variedades de este tipo de *Symbiodinium* le permite tener una mayor protección contra la radiación, logrando una mayor supervivencia en arrecifes someros. Por el contrario *B. annulata* únicamente se

asocia con el tipo C1 (LaJeunesse 2002) el cual se encuentra en agua someras, no produce MAAs y es por esto que posiblemente no soporta tanto la radiación.

Sin embargo la intensidad lumínica no depende únicamente de la profundidad sino también de la turbidez del agua, las diferencias encontradas en la distribución espacial de estas dos especies de anémonas podrían estar relacionadas con estos factores. Quizás la turbidez del agua en algunos sitios de la región 1: Isla Contoy estuvo involucrada con la baja frecuencia de anémonas a poca profundidad (3.6 en promedio por sitio de muestreo de cada especie) mientras en un solo sitio, donde la turbidez era menor encontramos a *C. gigantea* con una abundancia mucho mayor (32 individuos). Sin embargo no tenemos manera de demostrar que este factor es determinante para explicar esta abundancia contrastante de *C. gigantea*.

La mayor abundancia de *C. gigantea* en aguas someras concuerda con lo reportado por Nizinski (1989).

6.4 Asociaciones camarón-anémonas

El tema de la especificidad de los camarones simbioses con sus hospederos ha sido controversial y muy estudiado (Gwaltney y Brooks 1994; Wicksten 1995; Williams y Bunkley-Williams 2000). Se ha observado una variación espacial y en algunos casos se ha sugerido que depende de la abundancia relativa de anémonas (Silbiger y Childress 2008). Descubrir cuáles son los factores que determinan dicha especificidad es de primordial importancia para su conservación, ya que la supervivencia de los simbioses depende de que se encuentren simpátricas las especies de anémonas hospederas (Silbiger y Childress 2008). Posiblemente aquellos camarones que son muy específicos en su asociación serán más susceptibles a las extinciones locales de sus hospederos, aunque se desconoce con certeza como sería la respuesta de los camarones poco específicos en el ambiente natural. La asociación anémona-camarón es muy diferente en cada especie y sin lugar a dudas tiene un

papel muy importante en la evolución de estos decápodos simbioses, sobre todo en las especies que independientemente de la localización y abundancia relativa de anémonas se encuentran exclusivamente con una sola especie de hospedero. Tal es el caso de *A. armatus*, el cual se ha observado únicamente con *B. annulata* (Criales 1984; Knowlton y Keller 1985) lo que concuerda con lo observado en el Caribe mexicano. Se considera que este camarón es simbiote obligado de esta anémona por que la coloración del camarón y la anémona son muy parecidos, lo que le funciona a éste como camuflaje. Varias especies de la familia Alpheidae construyen agujeros en arena o lodo, por debajo de sustratos duros como rocas o coral (Bauer 2004), *A. armatus* no es la excepción, se observó generalmente en las anémonas *B. annulata* que se encontraban en cueva interfase, este microhábitat está constituido por una cueva de estructura sólida con un fondo de arena, la cual constituye un hábitat preferencial para el camarón a pesar de la anémona, sin embargo esta estructura-posición también es la más frecuentemente ocupada por ésta especie de anémona. Posiblemente esto explica porque en la evolución de *A. armatus* su ancestro seleccionó *B. annulata* como hospedero y no otras especies de anémonas, como *C. gigantea* la cual no se encuentra tan frecuentemente en esta estructura-posición.

La obligatoriedad de la asociación de *A. armatus* con *B. annulata* no es contrastante con las demás especies del mismo género (más de 400), ya que la mayoría de los alpeidos son simbioses específicos de sus hospederos (Anker *et al.* 2006). La coloración roja de *A. armatus* está fuertemente involucrada con el camuflaje en la anémona. *Bartholomea annulata* y *Ragactis (Heteractis) lucida* son muy parecidas, a excepción de los puntos blancos que presenta *R. lucida*. Sin embargo *A. armatus* solamente se asocia con la primera, mientras que *Alpheus roquensis*, especie hermana descubierta en Los Roques, Venezuela por Knowlton en 1985, si se asocia con *R. lucida*. Aunque *A. armatus* y *A. roquensis* son especies muy parecidas, no se han encontrado compartiendo un hospedero. Experimentos de laboratorio revelan que estas dos especies se pueden asociar a las dos especies de anémonas, y presentan

una cierta preferencia por la especie de la que fue extraída (Knowlton y Keller 1985). Estudios de genética poblacional y evolución relacionados con factores ecológicos podrían ayudar a explicar por que en campo se observa una especificidad ausente en el laboratorio. Entender los mecanismos que provocaron esta especiación ayudaría a explicar como está involucrada la especificidad de la asociación camarón-anémona con la evolución de los carideos simbioses.

A diferencia del *A. armatus*, el camarón limpiador *P. pedersoni* se ha observado en diferentes localidades asociado con anémonas de diferentes especies. Con *B. annulata* se ha registrado en diversos sitios del Caribe: Bahamas (Limbaugh *et al.* 1961), St. John, US Islas Virgenes (Mahnken 1972), Antigua (Chace 1972), St. Vincent (Criales y Corredor 1977) Santa Marta, Colombia (Criales 1984), Pine Cay, Turks y Caicos (Spotte *et al.* 1991), St. Thomas, US Islas Virgenes (Spotte *et al.* 1991), Cayo Summerland, Florida (Gwaltney y Brooks 1994), Bonaire, Antillas Holandesas (Wicksten 1995) y en Cayos Middle, Florida (Silbiger y Childress 2008). Mientras que se ha registrado con *C. gigantea* en la Bahía de Santa Marta, Colombia (Criales y Corredor 1977), en la Isla de San Vicente, Antillas Menores (Criales y Corredor 1977), en Florida Keys (Wicksten 1995) en Caicos Island, Bahamas (Spotte *et al.* 1991) y Bonaire, Antillas Holandesas (Wicksten 1995) y en Cayos Middle, Florida (Silbiger y Childress 2008). Contrario a lo observado en las anteriores localidades, en el Caribe mexicano no se observó nunca la asociación de *P. pedersoni* con *C. gigantea*, y en general se observó únicamente con *B. annulata*. Estudios experimentales de aclimatación en laboratorio indican que los camarones de esta especie extraídos del Caribe mexicano se pueden asociar tanto a *B. annulata* como a *C. gigantea*, aunque con más frecuencia a la primera (Rodríguez 2007b). Esto indica que la ausencia de asociación de *P. pedersoni* con *C. gigantea* no esta involucrada con un impedimento de aclimatación, sino con la elección del hospedero más conveniente.

Se ha discutido que en campo *P. pedersoni* selecciona a *B. annulata* como hospedero porque las anémonas de esta especie proveen de un fondo contrastante con el

camarón, permitiéndoles ser más observados por los peces cliente cuando está asociado a ellas (Mahnken 1972). Basados en esto, Gwaltney y Brooks (1994) proponen que independientemente de la protección que provee la anémona, éste camarón limpiador selecciona cualquier especie que le provea de un fondo contrastante. Esto no explica los resultados obtenidos porque en solo dos ocasiones se encontraron con otras especies de anémonas (*Stichiodactyla helianthus* y *Ricordea florida*) en sitios donde abundaban *B. annulata*. Si el contraste fuera el principal factor se habrían observado en más ocasiones en otros hospederos. Esta hipótesis tampoco concuerda con las observaciones de las limpiezas realizadas por *P. anthophilus* hospedados en *C. gigantea* (Sargent y Wagenbach 1975), ya que esta anémona no es contrastante con este el camarón. Se plantea que la fase del asentamiento de los camarones puede ser crucial para entender los patrones observados en campo, se ha determinado que los camarones *P. pedersoni* en la fase larvaria metamorfosean principalmente al estar en contacto con señales químicas de *B. annulata*, de igual manera ocurre con larvas de *P. yucatanicus* con *C. gigantea* (Goy 1990), una posible hipótesis es que las larvas se asientan cerca de *B. annulata* y luego en la fase adulta pueden migrar a otras especies de anémonas, pero serían necesarios estudios más específicos que probaran esta hipótesis, involucrando también la presencia de conespecíficos.

El caso de *P. yucatanicus* los resultados concuerdan con las observaciones de Goy (1990), ya que se observó generalmente en asociación con *C. gigantea*. Sin embargo la ausencia de asociación de *P. yucatanicus* con *B. annulata* contrasta con las observaciones de otros autores (Criales 1984; Criales y Corredor 1977; Williams y Bunkley-Williams 2000; Humann y DeLoach 2002), que reportan esta asociación como común. Gwaltney y Brooks (1994) observaron en los Cayos de Florida cierta variación geográfica en las asociaciones de esta especie de camarón. En sitios donde era dominante *B. annulata* no se observó asociación con esta anémona, mientras que en las localidades donde estaba presente *Stichiodactyla helianthus* ésta fue la anémona

preferencial. Este camarón fue el menos observado en los muestreos del presente trabajo, por lo que no se cuenta con suficientes observaciones para realizar conclusiones contundentes.

La variación de las asociaciones anémona-camarón ha sido involucrada con la diagnosis de especies. Tal es el caso de las especies *P. anthophilus* y *P. pedersoni* las cuales tienen diferencias mínimas, *P. anthophilus* tiene el carpo del segundo periópodo de mayor tamaño y solo se asocia con *C. gigantea* (Chace 1958).

Wicksten (1995) y Spotte (1999) analizaron diferencias morfológicas y conductuales entre estas dos especies y determinaron que *P. anthophilus* es una subespecie de *P. pedersoni*. Quizás *P. anthophilus* no es la única subespecie de *P. pedersoni* y existen varias poblaciones que presentan diferencias conductuales por estar aisladas ya que tienen una dispersión de larvas muy restringida, como se ha planteado para *A. armatus* (Knowlton y Keller 1986). Estas poblaciones evolucionan de forma diferente en función a variables ambientales, que evidentemente no se han identificado, ya que continúa la incongruencia entre los experimentos de laboratorio y las observaciones de campo (Knowlton y Keller 1985; Silbiger y Childress 2008).

Estudios que descifren la dispersión de larvas y la diferenciación genética de las poblaciones de *P. pedersoni*, así como estudios enfocados a determinar cuáles son los factores ambientales que determinan las diferencias entre las asociaciones , anémona-camarón serían fundamentales para responder éstas y muchas preguntas determinantes para el entendimiento de la dinámica poblacional para la conservación de estas especies.

6.5 Efecto del tamaño de la anémona en el número de simbioses conespecíficos

Para la conservación de las especies simbioses de anémonas es importante determinar cuántos simbioses de la misma especie puede hospedar una anémona. De esta forma se puede estimar qué cantidad de anémonas es necesaria para conservar una población de simbioses. El número de individuos por anémona está determinado por su conducta social (monopolización o agregación), que se puede analizar en función del potencial de monopolización del hospedero y la probabilidad del encuentro. El potencial de monopolización está dado por la morfología del hospedero, su tamaño relativo al tamaño del simbiote y la capacidad agonista del simbiote de monopolizar al hospedero. La probabilidad del encuentro está dada por la abundancia, la distribución de los hospederos y la presión de depredación sobre los simbioses (Thiel y Baeza 2001). De esta manera, cuando los simbioses tengan poca probabilidad de encontrar un hospedero y un alto potencial de monopolización del mismo, se encontrarán en un máximo de dos camarones de diferente sexo por anémona (Thiel y Baeza 2001). Este es el caso de *A. armatus* el cual se observó solitario o en parejas heterosexuales con *B. annulata*, aunque no se determinó el sexo de los camarones se ha descrito que esta especie no se agrega en parejas del mismo sexo (Knowlton y Keller 1985). Se ha planteado que para esta especie la probabilidad de encuentro está determinada por una fuerte presión de depredación (Knowlton 1980), pues sin duda el color de este camarón es conspicuo en el arrecife. Por otro lado el potencial de monopolización aumenta porque sus quelas especializadas le dan una gran capacidad de defensa del hospedero.

En las anémonas de mayor dimensión, la relación del tamaño del simbiote entre el tamaño del hospedero es menor, lo que disminuye el potencial de monopolización con los camarones del sexo opuesto. Las anémonas tienen un potencial de monopolización mayor con los camarones de la misma especie y mismo sexo y este

potencial será menor en caso del sexo opuestos debido a que el compartir un hospedero con este podría aumentar su adecuación.

Cabe mencionar que el camarón chasquidor es de mayor tamaño que los camarones que presentan agrupaciones mayores a dos individuos y se encuentra generalmente junto a la base de la anémona, por lo que el espacio en la anémona es más limitado, por esta razón es mayor el potencial de monopolización del hospedero en esta especie a comparación de las demás.

Por otro lado es posible que la presencia de dos simbioses de dicha especie en *B. annulata* le permitan a ésta aumentar su tamaño por la ampliación de la cavidad que generan estos, incrementando su longevidad y por lo tanto su crecimiento, debido a la defensa contra depredadores reportada por Knowlton (1980).

Regresando al planteamiento de Thiel y Baeza (2001) la mayor agrupación de *P. pedersoni* en anémonas *B. annulata* de mayor tamaño, se puede explicar por la disminución del potencial de monopolización, al disminuir la relación de tamaño camarón/anémona, aunado a esto la agregación de camarones podría favorecer el acercamiento de peces clientes para ser limpiados (Mahnken 1972). El tamaño de la anémona determina el límite de camarones que se pueden agregar para atraer más peces pero sin rebasar el límite que los expone a depredadores. Para comprender cómo ocurren estas agregaciones serían necesarios estudios posteriores que descubran cómo el asentamiento de larvas se ve afectado por las señales químicas de anémonas de mayor tamaño y mayores agregaciones de camarones.

La asociación observada entre la agrupación de los camarones *P. pedersoni* y el tamaño de la anémona no concuerda con las observaciones realizadas por Nizinski (1989) quién reportó la no asociación entre estos factores para la especie *P. anthophilus* en asociación con *C. gigantea*. Lo que podría estar relacionado con las diferencias morfológicas entre *B. annulata* y *C. gigantea*, dado que la segunda es de mayor tamaño y tiene los tentáculos más separados, lo que permite al camarón

protegerse de los depredadores con mayor facilidad en esta especie que en *B. annulata* una independientemente del tamaño de la anémona.

Las agrupaciones observadas de *P. pedersoni*, mayores a los diez individuos, concuerdan con las reportadas anteriormente (Mahnken 1972; Criales y Corredor 1977; Criales 1979) pero cabe mencionar que no se había registrado una agrupación de 15 individuos.

La ausencia de asociación entre el tamaño de *C. gigantea* y número de *P. yucatanicus* por hospedero, se puede explicar por la poca frecuencia con la que se observaron estos camarones en relación a la cantidad de anémonas disponibles, al ser muy alta la disponibilidad de hospederos no es necesaria la agrupación excepto para la reproducción. Se observaron muy pocos *P. yucatanicus* por lo que era difícil que se agregaran debido a que se ha reportado que realmente no son limpiadores.

Es notable la asociación entre el tamaño y el número de camarones la especie *T. amboinensis* tanto con la especie *B. annulata* como con *C. gigantea*. Este camarón es pequeño y es evidente que no existen restricciones de espacio en ninguno de los hospederos por lo que se esperaría no encontrar dicha asociación. Aunque se encuentra la relación ésta no es tan fuerte como la que se presentó con *A. armatus* y *P. pedersoni*, evidentemente por el tamaño de los camarones de estas especies.

Para *T. amboinensis* el tamaño de la anémona proporcionalmente es muy grande, por lo que el potencial de monopolización es muy bajo, ya que prácticamente en cualquier anémona tiene el espacio para estar protegido de los depredadores. Por lo tanto, aunque sea una anémona pequeña, tiene el mismo potencial de monopolización que una grande. En este caso está claro que a diferencia de los demás simbioses la relación entre el tamaño de la anémona y el simbiote no explica mayor agrupación de camarones en anémonas grandes.

El tamaño de *T. amboinensis* es tan pequeño que es difícil plantear que exista un cambio de hospedero posterior al asentamiento. En el momento del asentamiento de la larva del camarón *T. amboinensis*, las señales químicas del ambiente le proveen

claves que le permiten identificar lugares idóneos (Anger 2006), que en este caso son sitios cercanos a anémonas con camarones de la misma especie con los que puedan reproducirse. Posiblemente las anémonas de mayor tamaño emiten más señales químicas y por tanto atraen más camarones que también emiten señales, lo que provoca una suma de los factores que atraen a las larvas.

6.6 Abundancia regional de anémonas con camarones

El que en las regiones 3: Cozumel y 7: Mahahual-Xcalak se encontrara una alto porcentaje de anémonas sin *A. armatus* probablemente se debe a la alta abundancia de *B. annulata*, en comparación con las otras regiones.

La ausencia de los depredadores normalmente repelidos por *A. armatus* (Smith 1977) también podría estar relacionada con la abundancia de *B. annulata* sin este camarón chasquidor. Serían necesarios estudios que registraran la abundancia de gusanos de fuego del género *Hermodice* y la abundancia de anémonas *B. annulata* con y sin *A. armatus*.

7 CONCLUSIONES

Este trabajo constituye la primera descripción de las principales variables ecológicas, de anémonas hospederas y sus camarones simbioses, contextualizadas en una escala espacial en el Caribe mexicano.

Las anémonas estudiadas fueron frecuentes en los arrecifes del Caribe mexicano, especialmente en la zona sur. Generalmente, *B. annulata* es más abundante que *C. gigantea*, aunque en algunos sitios ésta última se presentó en mayor abundancia, frecuentemente agrupada.

Serían necesarios estudios posteriores para determinar como se ven afectados los patrones de distribución de estas dos especies de anémonas por sus diferentes estrategias de reproducción y asociaciones con camarones. Así mismo sería conveniente correlacionar la abundancia de estas anémonas con factores físico-

químicos y del paisaje arrecifal en una escala más detallada, comparando los arrecifes de mayor y menor abundancia que el presente estudio reveló.

La mayoría de las especies de camarones estudiadas (excepto *P. yucatanicus*) fueron frecuentes en la mayoría de los arrecifes muestreados. Se encontraron algunos arrecifes donde fueron especialmente abundantes, entre ellos los de Puerto Morelos y Xcalak. Las variables medidas en el presente estudio no son suficientes para explicar las diferencias geográficas de la abundancia de estos organismos, sin embargo se pudo establecer que las poblaciones más representativas, debido a su abundancia, se encuentran principalmente en la región Sur. Para comprender los procesos que estructuran las poblaciones, es necesario en primer lugar, determinar cuántas poblaciones de cada especie se encuentran en el Caribe mexicano, para lo que sería necesario analizar la distribución de larvas y su genética poblacional. El siguiente paso sería determinar los factores que determinan el asentamiento de larvas y cómo está relacionada la abundancia de estos organismos con la diversidad de los arrecifes. Es posible que los camarones limpiadores sean un indicador indirecto de la diversidad de algunas especies de peces que habitan estos ecosistemas.

Con respecto a la asociaciones de camarones con anémonas observadas en el Caribe mexicano, se corroboró la asociación exclusiva de *A. armatus* con *B. annulata*. El camarón *P. pedersoni* se registró en el 99% de los casos con *B. annulata*, *P. yucatanicus* se encontró asociado principalmente con *C. gigantea* y no se observó con *B. annulata*, contrario a lo observado en otras regiones del Caribe.

T. amboinensis se encontró con *C. gigantea* principalmente, sin embargo se identificó que existe una variación relacionada con la ubicación latitudinal de los arrecifes, siendo más frecuente su asociación con *B. annulata* hacia el sur.

Estudios posteriores que determinen la relación entre las diferencias de asociación y diferencias genéticas podrían revelar claves del proceso de evolución detrás de esta conducta.

Se observó que el tamaño de las anémonas hospederas puede ser un factor importante para el establecimiento de los grupos de camarones de *P. pedersoni* y *T. amboinensis* y en el caso particular de *A. armatus* de parejas, puesto a que no se observaron más de dos individuos por anémona. Sería necesario realizar investigaciones para conocer las razones de la agrupación *P. pedersoni* y *T. amboinensis*.

8 RECOMENDACIONES PARA LAS ANPs

Se recomienda proteger estas especies debido a que no se conocen aún los factores que permitirían estimar la capacidad de carga de extracción de estos organismos, se propone realizar más estudios que permitan conocer las dinámicas poblacionales, las tasas de reproducción, dispersión del larvas, longevidad, depredación y la especificidad de selección de hospedero, así como las variables ecológicas que determinan esto, para posteriormente realizar un desarrollo sustentable de extracción de estos organismos, dado que son comercialmente importantes para el mercado de la acuariofilia. Otra razón por la que se recomienda el monitoreo constante, así como la regulación de la extracción de estos organismos, es que la extracción no solo afecta las poblaciones sino que también los arrecifes por el daño causado durante esta actividad.

Se sugiere que se incluyan estas especies en las tablas de registro de fauna bentónica de los muestreos que se realizan en las AMP's, haciendo énfasis en Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an y Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, en donde se encontraron más abundantemente los organismos de interés. De esta forma se podrá observar el cambio temporal de las poblaciones de dichas especies.

Con respecto la importancia individual de cada especie, se hacen las siguientes recomendaciones:

Bartholomea annulata presentó estar abundantemente en muchos arrecifes de la costa de Quintana Roo, especialmente en los cabezos de coral de la zona de laguna donde el microhabitat interfase (intersección entre la roca-arena) es muy frecuente. Aunque es abundante, su extracción de los arrecifes puede afectar fuertemente las poblaciones de *A. armatus* y los camarones limpiadores *P. pedersoni*, los cuales, por su conducta de limpieza, son muy importantes para el arrecife.

Condylactis gigantea es más vulnerable a la depredación por su tipo de reproducción, principalmente sexual y su distribución agrupada. Es por esto que se sugiere poner especial atención a las agrupaciones de esta especie.

Dentro de su labor de divulgación, se recomienda agregar información sobre estos organismos con el fin de generar sensibilidad en la sociedad sobre la complejidad de los arrecifes, puesto a que las relaciones que establecen estos organismos son un claro ejemplo de importancia ecológica además de ser organismos atractivos.

Debido a que *P. yucatanicus* es una especie muy llamativa, poco abundante en el Caribe mexicano y que particularmente se encuentra en los arrecifes de Puerto Morelos, puede utilizarse como especie estandarte para la zona y así propiciar su conservación.

9 LITERATURA CITADA

- Álvarez-Filip L., Gil I. (2006) Effects of Hurricanes Emily and Wilma on coral reefs in Cozumel, Mexico. *Coral Reefs* 25, 583.
- Anger K. (2006) Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebrate Reproduction and Development* 49, 175.
- Anker A., Ahyong S.T., Noel P.Y., Palmer A.R., McHugh D. (2006) Morphological phylogeny of alpheid shrimps: parallel preadaptation and the origin of a key morphological innovation, the snapping claw. *Evolution* 60, 2507-2528.
- Baeza J.A., Stotz W. (2003) Host-use and selection of differently colored sea anemones by the symbiotic crab *Allopetrolisthes spinifrons*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 284, 25-39.
- Baeza J.A., Stotz W., Thiel M. (2001) Life history of *Allopetrolisthes spinifrons*, a crab associate of the sea anemone *Phymactis clematis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 81, 69-76.
- Banaszak T., LaJeunesse T.C., Trench R.K. (2000) The synthesis of mycosporine-like amino acids (MAAS) by cultured, symbiotic dinoflagellates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 249, 219-233.
- Barrios-Suárez L.M., Reyes J.O., Navas G.R., García C.B. (2002) Distribution of anemones (Anthozoa: Actiniaria and Corallimorpharia) in the area of Santa Marta, Colombian Caribbean. *Ciencias Marinas* 28, 37-48.
- Bauer R.T. (2004) 'Remarkable Shrimps: Adaptations and Natural History of the Carideans'. Oklahoma University Press, Norman. 282 pp.
- Bruce A.J. (1976) Shrimps and prawns of coral reefs, with special reference to commensalism. *Biology and Geology of Coral Reefs* 3, 37-94.
- Bruce A.J. (1975) Coral reef shrimps and their color patterns. *Endeavour* 34, 23-27.
- Calado R., Lin J., Rhyne A.L., Arajo R., Narciso L. (2003) Marine ornamental decapods - Popular, pricey, and poorly studied. *Journal of Crustacean Biology* 23, 963-973.
- Chace F.A. (1958) A new shrimp of the genus *Periclimenes* from the West Indies. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 71, 125-130.
- Chace F.A.Jr. (1972) The shrimps of Smithsonian Bredin Caribbean Expedition with a summary of the west Indian shallow water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology* 98, 1-165.
- Chiappone M., Swanson D.W., Miller S.L. (2001) *Condylactis gigantea* - A giant comes under pressure from the aquarium trade in Florida. *Reef Encounter* 30, 29-31.
- Crawford J.A. (1992) Acclimation of the shrimp, *Periclimenes anthophilus*, to the giant sea anemone, *Condylactis gigantea*. *Bulletin of Marine science*. 50, 331-341.

- Criales M.M. (1979) Ecología y etología de los camarones limpiadores de peces *Periclimenes pedersoni* (Chace) and *Lysmata grabhami* (Gordon) en la bahía de Santa Marta (Colombia). *Acta Cient Venez* 30, 570-576.
- Criales M.M. (1984) Shrimps associated with coelenterates, echinoderms, and molluscs in the Santa Marta region, Colombia. *J.Crust.Biol.* 4, 307-317.
- Criales M.M., Corredor L. (1977) Aspectos etológicos y ecológicos de camarones limpiadores de peces (Natantia: Palaeomonidae, Hyppolitydae, Stenopodidae). *An.Inst.Mar.- Punta Berin* 10, 41-156.
- Day R.J. (1994) Algal symbiosis in *Bunodeopsis*: Sea anemones with "auxiliary" structures. *Biological Bulletin* 186, 182-194.
- Dunn D.F. (1981) The clownfish sea anemones: Stichodactylidae (Coelenterata: Actiniaria) and other sea anemones symbiotic with pomacentrid fishes. *Transactions of the American Philosophical Society* 71, 1-115.
- Fautin D.G. (1991) The anemonefish symbiosis: What is known and what is not. *Symbiosis* 10, 23-46.
- Fitt W.K., Chang S.S., Trench R.K. (1981) Motility patterns of different strains of the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium* (= *Gymnodinium*) *microadriaticum* (Freudenthal) in culture. *Bulletin of Marine Science* 31, 436-443.
- Gallegos A., Czistrom S. (1997) Aspectos de la oceanografía física regional del Mar Caribe. In 'Contribuciones a la oceanografía física en México'. (Ed. MF Lavin) pp. 225-242. (Unión Geofísica Mexicana: México, D.F.)
- Gasparini J.L., Floeter S.R., Ferreira C.E.L., Sazima I. (2005) Marine ornamental trade in Brazil. *Biodiversity and Conservation* 14, 2883-2899.
- Giese C., Mebs D., Werding B. (1996) Resistance and vulnerability of crustaceans to cytolytic sea anemone toxins. *Toxicon* 34, 955-958.
- Glynn P.W. (1976) Some Physical and Biological Determinants of Coral Community Structure in the Eastern Pacific. *Ecological Monographs* 46, 431-456.
- González R. (2009) Anémonas (Anthozoa: Actiniaria, Corallimorpharia y Zoanthidea) del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo. ICMYL-UNAM.
- Goy J. (1990) Components of Reproductive Effort and Delay of Larval Metamorphosis In Tropical Marine Shrimp (Crustacea:Decapoda: Caridea and Stenopodidea). 'Ph.D. Dissertation,' University of Texas.
- Grutter A.S. (1999) Cleaner fish really do clean. *Nature* 398, 672-673.
- Grutter A.S., Murphy J.M., Choat J.H. (2003) Cleaner fish drives local fish diversity on coral reefs. *Current Biology* 13, 64-67.
- Guo C.C., Hwang J.S., Fautin D.G. (1996) Host selection by shrimps symbiotic with sea anemones: A field survey and experimental laboratory analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 202, 165-176.

- Gutiérrez D., García G., Lara M., Loreto R. (2005) Caracterización de los Arrecifes Coralinos del Sur de Quintana Roo; México (Tampalam-Bacalar Chico. *Sian Ka'an Serie de Documentos* 6, 1-33.
- Gutiérrez D., Garcia-Saéz C., Lara M., Padilla C., Pizaña J., Máciáz R., Bezaury J.E., Cintra A.C. (1993) 'Arrecifes Coralinos de Sian Ka'an. Caracterización y Propuestas de Manejo.' Biocenosis A. C./ICMyL-UNAM/ Amigos de Sian Ka'an, A.C.,
- Gutiérrez D., Lara M., Padilla C., Pizaña J., García G., Loreto R., Camarena T. (1995) Caracterización de los arrecifes coralinos en el Corredor "Cancún-Tulum", Quintana Roo México. *Sian Ka'an Serie de Documentos* 4, 3-39.
- Gwaltney C.L., Brooks W.R. (1994) Host specificity of the anemoneshrimp *Periclimenes pedersoni* and *P. yucatanicus* in the Florida Keys. *Symbiosis* 16, 83-93.
- Hanlon R.T., Hixon R.F., Smith D.G. (1983) Behavioral associations of seven West Indian reef fishes with sea anemones at Bonaire, Netherlands Antilles. *Bulletin of Marine Science* 33, 928-934.
- Hattori A. (2006) Vertical and horizontal distribution patterns of the giant sea anemone *Heteractis crispa* with symbiotic anemonefish on a fringing coral reef. *Journal of Ethology* 24, 51-57.
- Henry S.M. (1967) 'Symbiosis'. New York : Academic. 921 pp.
- Holthuis L.B. (1951) The subfamilies Euryrhynchinae and Pontoniinae. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. *I. Occ. Pap. Allan Hancock Fdn.* 11, 1-332.
- Humann P., N. DeLoach (2006) 'Reef Fish Identification: Florida, Caribbean, Bahamas'. New World Publications, Inc. Jacksonville, Florida USA. 512 pp.
- Humann P., N. DeLoach (2002) 'Reef Creature Identification Florida Caribbean Bahamas'. New World Publications, Inc. Jacksonville, Florida USA. 320 pp.
- Iglesias-Prieto R., Beltran B.H., LaJeunesse T.C., Reyes-Bonilla H., Thome P.E. (2004) Different algal symbionts explain the vertical distribution of dominant reef corals in the eastern Pacific. *Proc R Soc Lond B* 271, 1757-1763.
- INE (1997) 'Programa de Manejo del Parque Nacional Isla Contoy'. 125 pp.
- INE (1998) 'Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel, Quintana Roo'. 165 pp.
- IUCN (1988) 'Coral reefs of the world. Vol.1 : Atlantic and Eastern Pacific'. Gland, Suiza.
- Jennison B.L. (1981) Reproduction in three species of sea anemones from Key West, Florida. *Can.J.Zool.* 59, 1708-1719.
- Kaplan E.H. (1999) 'A Field Guide to Coral Reefs: Caribbean and Florida'. Houghton Mifflin Company. Boston. 320 pp.

- Khan R.N., Becker J.H.A., Crowther A.L., Lawn I.D. (2004) Spatial distribution of symbiotic shrimps (*Periclimenes holthuisi*, *P. brevicarpalis*, *Thor amboinensis*) on the sea anemone *Stichodactyla haddoni*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84, 201-203.
- Knowlton N. (1980) Sexual selection and dimorphism in two demes of a symbiotic, pair-bonding snapping shrimp. *Evolution* 34, 161-173.
- Knowlton N., Keller B.D. (1983) A new, sibling species of snapping shrimp associated with the Caribbean sea anemone *Bartholomea annulata* (*Alpheus armatus/immaculatus*). *Bulletin of Marine Science* 33, 353-362.
- Knowlton N., Keller B.D. (1985) Two more sibling species of alpheid shrimps associated with the Caribbean sea anemones *Bartholomea annulata* and *Heteractis lucida*. *Bulletin of Marine Science* 37, 893-904.
- Knowlton N., Keller B.D. (1986) Larvae which fall far short of their potential: Highly localized recruitment in an alpheid shrimp with extended larval development. *Bulletin of Marine Science*. 1986.
- Kulbicki M., Arnal C. (1999) Cleaning of fish ectoparasites by a palaemonidae shrimp on soft bottoms in New Caledonia. *Cybium* 23, 101-104.
- LaJeunesse T.C. (2002) Diversity and community structure of symbiotic dinoflagellates from Caribbean coral reefs. *Marine Biology* 141, 387-400.
- Lemay, J. "*Bartholomea annulata*" (On-line), Animal Diversity Web. http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Bartholomea_annulata.html. 2008.
- Levine D.M., Blanchard O.J. (1980) Acclimation of two shrimps of the genus *Periclimenes* to sea anemones. *Bulletin of Marine Science* 30, 460-466.
- Limbaugh C., Pederson H., Chace F.A. (1961) Shrimps that clean fishes. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* 11, 237-257.
- Mahnken C. (1972) Observations on cleaner shrimps of the genus *Periclimenes*. *Bull Nat Hist Mus Los Angeles Co* 14, 71-83.
- Merino M. (1986) Aspectos de la circulación de costera de superficial del Caribe Mexicano con base a las observaciones utilizando tarjetas de deriva. *An.Inst.Cienc.del Mar y Limnol.Univ.Nal.Autón.México* 15, 49-66.
- Merino M., L. Otero (1991) 'Atlas Ambiental Costero.'. CONACYT, UNAM, CIQRO. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. 80 pp.
- Mitchell J.S. (2003) Mobility of *Stichodactyla gigantea* sea anemones and implications for resident false clown anemonefish, *Amphiprion ocellaris*. *Environmental Biology of Fishes* 66, 85-90.
- Molinari R.L., Cochrane J.D. (1972) The Effect of Topography on the Yucatán Current. En 'Contributions on the Physical Oceanography of the Gulf of México.'. p. -288. (Texas A&M.: Texas)
- Muckelbauer G. (1990) The Self of Cozumel, Mexico: Topography and Organisms. *Facies* 185-240.

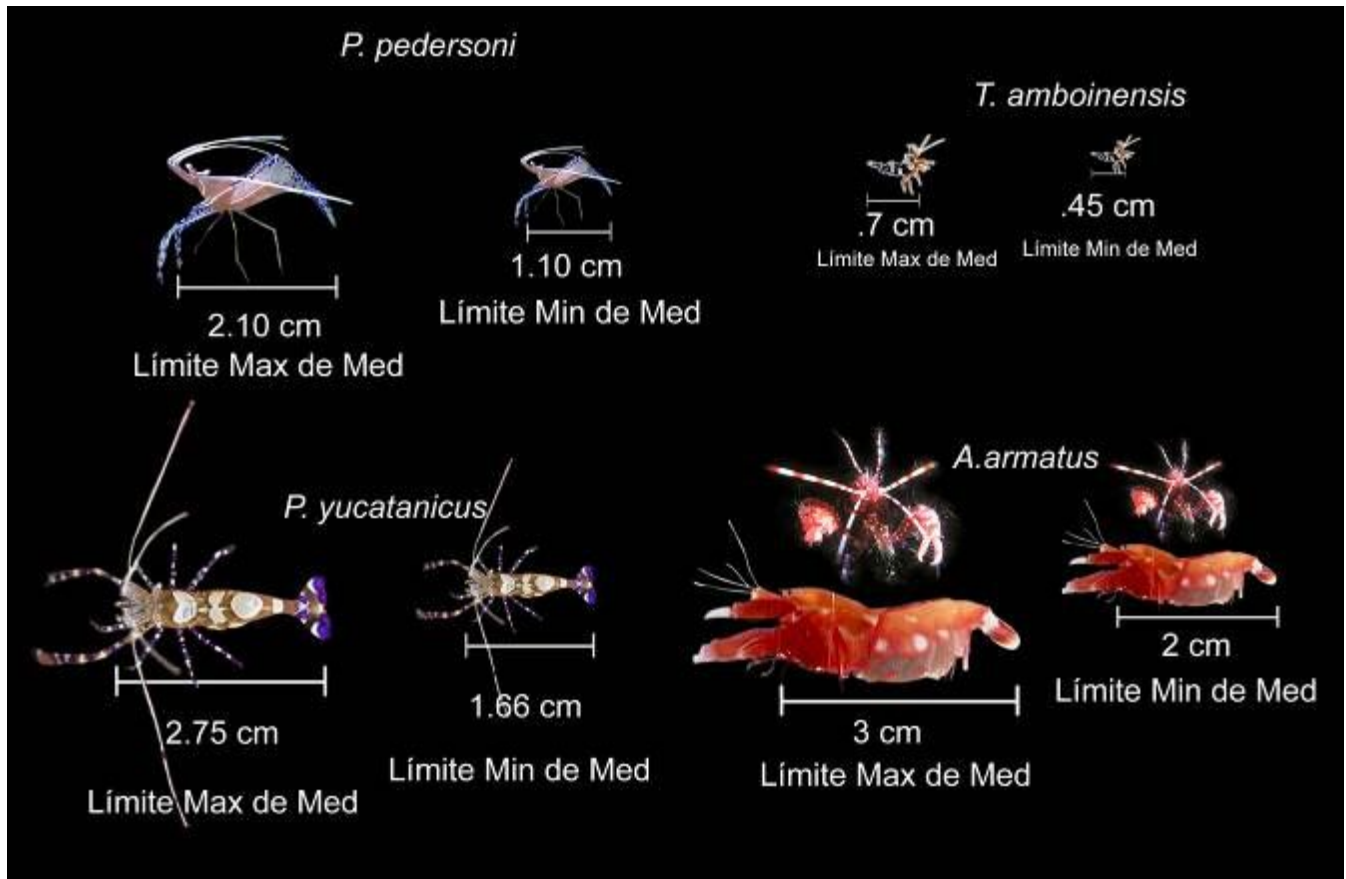
- Nizinski M.S. (1989) Ecological distribution, demography and behavioral observations on *Periclimenes anthophilus*, an atypical symbiotic cleaner shrimp. *Bulletin of Marine Science* 45, 174-188.
- Nolasco-Montero A.C.-E. (1988) Estudio sedimentológico regional de playas de Yucatán y Quintana Roo, México. *An.Inst.Cienc.del Mar y Limnol.Univ.Nal.Autón.México* 15, 49-66.
- Núñez-Lara E., Arias-González J.E., Legendre P. (2005) Spatial patterns of Yucatan reef fish communities: Testing models using a multi-scale survey design. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 324, 159-169.
- Padilla C., Gutiérrez D., Lara M., García G. (1992) Corals Reef of The Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Proc.Seventh Int.Coral Reef Symp.Guam* 2, 986-992.
- Richardson D.L. (1999) Correlates of environmental variables with patterns in the distribution and abundance of two anemonefishes (Pomacentridae: Amphiprion) on an eastern Australian sub-tropical reef system. *Environmental Biology of Fishes* 55, 255-263.
- Rodríguez F. (2007a) Biodiversidad y Funcionamiento de los Ecosistemas Arrecifales Costeros del Caribe Mexicano. CINVESTAV. 287 pp.
- Rodríguez L. (2007b) Aspectos sobre la selección de hospedero entre el camarón simbiote anemonal *Periclimenes pedersoni* y sus anémonas hospederas *Bartholomea annulata* y *Condylactis gigantea*. UNAM. 70 pp.
- Ross D.M. (1983) Symbiotic relationships. En 'The Biology of Crustacea' (Eds DM Skinner, D Bliss) pp 163-212.(Academic press New York)
- Santamaría G. (2008) Expresión de fidelidad al sitio y aclimatación del camarón simbiote *Periclimenes pedersoni* y sus hospederos *Condylactis gigantea* y *Bartholomea annulata*. UNAM.
- Sargent R.C., Wagenbach G.E. (1975) Cleaning behavior of the shrimp, *Periclimenes anthophilus* Holthuis and Eibl-Eibesfeldt (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Bulletin of Marine Science* 25, 466-472.
- Scott A., Harrison P.L. (2008) Larval settlement and juvenile development of sea anemones that provide habitat for anemonefish. *Marine Biology* 154, 833-839.
- Sebens K.P. (1982) The limits to indeterminate growth: An optimal size model applied to passive suspension feeders. *Ecology* 63, 209-222.
- Sebens K.P. (1976) The ecology of Caribbean Sea Panama: Utilization of space on a coral reef. *Coelenterate Ecology and Behaviour* 67-77.
- Secretaría de Marina Dirección General de Oceanografía Naval (1983) 'Calendario Gráfico de Mareas'. México. 28 pp.
- Silbiger N.J., Childress M.J. (2008) Interspecific Variation in Anemone Shrimp Distribution and Host Selection in the Florida Keys (USA): Implications for Marine Conservation. *Bulletin of Marine Science* 83, 329-345.

- Silva, E. "Condylactis gigantea" (On-line), Animal Diversity Web.
http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Condylactis_gigantea.html Animal Diversity Web. 2000. 21-8-2007.
- Smith W.L. (1977) Beneficial behavior of a symbiotic shrimp to its host anemone. *Bulletin of Marine Science* 27, 343-346.
- Spotte S. (1999) Possible synonymy of the western Atlantic anemone shrimps *Periclimenes pedersoni* and *P. anthophilus* based on morphology. *Bulletin of Marine Science* 65, 407-417.
- Spotte S. (1996) Supply of regenerated nitrogen to sea anemones by their symbiotic shrimp. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 198, 27-36.
- Spotte S., Heard R.W., Bubucis P.M., Manstan R.R., McLelland J.A. (1991) Pattern and coloration of *Periclimenes rathbunae* from the Turks and Caicos Islands, with comments on host associations in other anemone shrimps of the West Indies and Bermuda. *Gulf Res.Rpts.* 8, 301-311.
- Sprung J. (2001) 'Invertebrates, a Quick Reference Guide'. Ricordea Publishing, Florida, USA.
- Steen G. (1988) The bioenergetics of symbiotic sea anemones (Anthozoa: Actiniaria). *Symbiosis* 5, 103-142.
- Stevens B.G., Anderson P.J. (2000) An association between the anemone, *Cribrinopsis fernaldi*, and shrimps of the families hippolytidae and pandalidae. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 77-82.
- Stoletzki N., Schierwater B. (2005) Genetic and color morph differentiation in the Caribbean sea anemone *Condylactis gigantea*. *Marine Biology* 147, 747-754.
- Thiel M., Baeza J.A. (2001) Factors affecting the social behaviour of crustaceans living symbiotically with other marine invertebrates: A modelling approach. *Symbiosis* 30, 163-190.
- Trench R.K. (1971) The physiology and biochemistry of zooxanthellae symbiotic with marine coelenterates. II. Liberation of fixed ¹⁴C by zooxanthellae in vitro. *Proc R Soc Lond B* 177, 237-250.
- Tunnell Jr.J.W., A.A. Rodriguez, R.L. Lehman, C.R. Beaver (1993) 'An ecological characterisation of the southern Quintana Roo Coral Reef System.'. Center of Coastal Studies Texas A & M University. Corpus Christi, USA. 161 pp.
- Turnbull T.L. (1981) *A Study of the Symbiotic Relationship between the Palaemonid Shrimp Periclimenes Pedersoni Chace (Crustacea, Decapoda, Caridea) and Certain Species of Serranid Fishes in the Bahamas* 1-118.
- Wabnitz C., M. Taylor, E. Green, T. Razak (2003) 'From Ocean to Aquarium'. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. UK. 65 pp.
- Wicksten M.K. (1995) Within-species variation in *Periclimenes yucatanicus* (Ives), with taxonomic remarks on *P. pedersoni* Chace (Crustacea: Decapoda: Caridea: Palaemonidae). *Proc.Biol.Soc.Wash.* 108, 458-464.

- Williams A.B. (1984) *Shrimps, Lobsters, and Crabs of the Atlantic Coast of the Eastern United States, Maine to Florida* 1-550.
- Williams E.H., Bunkley-Williams L. (2000) Experimental refutation of the ease of associate change by the spotted cleaner shrimp, *Periclimenes yucatanicus* (Decapoda, Palaemonidae), new false-coral associates for the pederson cleaner shrimp, *P. pedersoni*, and general abundance of associations for both shrimps. *Crustaceana* 73, 503-511.
- Wirtz P. (1997) Crustacean symbionts of the sea anemone *Telmatactis cricoides* at Madeira and the Canary Islands. *Journal of Zoology* 242, 799-811.
- Wood E. (2001) Global advances in conservation and management of marine ornamental resources. *Aquarium Sciences and Conservation* 3, 65-77.
- Zar J.H. (1999) 'Biostatistical Analysis'. Prentice Hall. New Jersey. 672 pp.

10 Anexos

10.1 Anexo I Tabla de estandarización de tamaños de camarones simbiontes.



10.2 Anexo II Tabla de registro de datos

Fecha		GPS		Buzo		Camarón		Tam		Posición														
Hora																								
Anémóna		Tam		Sustrato		Habitat		Posición		Aa	Pp	Ta	Fy	M	G	C	B	Pe	Ce	Te	Pi	Di	Ov	
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												
Cgi	St	M	G	C	Rc	Ar	M	C	P	Lat	Aba													Notas
Ban	Ric				PC	In		G	S	Int	Arr													
Otr		Prof			Cm	Pz																		
Notas												otr												

10.3 Anexo III Mapas detallados de la distribución y

abundancia de anémonas y sus camarones simbiotes

En cada uno de los mapas se encuentra representada la abundancia georeferenciada de cada especie de camarón y su principal especie de anémona hospedera, en el caso de *T. amboinensis* se incluyó la abundancia tanto de *B. annulata* como de *C. gigantea*, debido a que estas dos especies las hospederas más frecuentes de estos camarones. En cada sitio de muestreo se representa la abundancia en términos del promedio del total de organismos de cada especie contados por dos buzos durante 45min. Ésta se representa para camarones, con puntos de diferentes colores: verde-rojo, donde los de color verde son los de menor abundancia y los puntos de color rojo los de mayor. La abundancia de anémonas se encuentra representada por círculos de diferente diámetro: siendo los círculos de menor diámetro los sitios con menor abundancia y los de mayor diámetro son los de mayor abundancia. Para cada especie de camarón se presenta un mapa general con la simbología relevante, seguido de los mapas ampliados para cada región.

A. armatus con *B. annulata*

Mapa general.....	91
Región 1 : Contoy-Cancún.....	92
Región 2: Nizuc-Pto Aventuras.....	93
Región 3: Cozumel.....	94
Región 4 : Fátima-RBSK N.....	95
Región 5: RSBK N- Pájaros.....	96
Región 6 RBSK S-Chacchi.....	97
Región 7: Mahahual-Xcalak.....	98

P. pedersoni con *B. annulata*

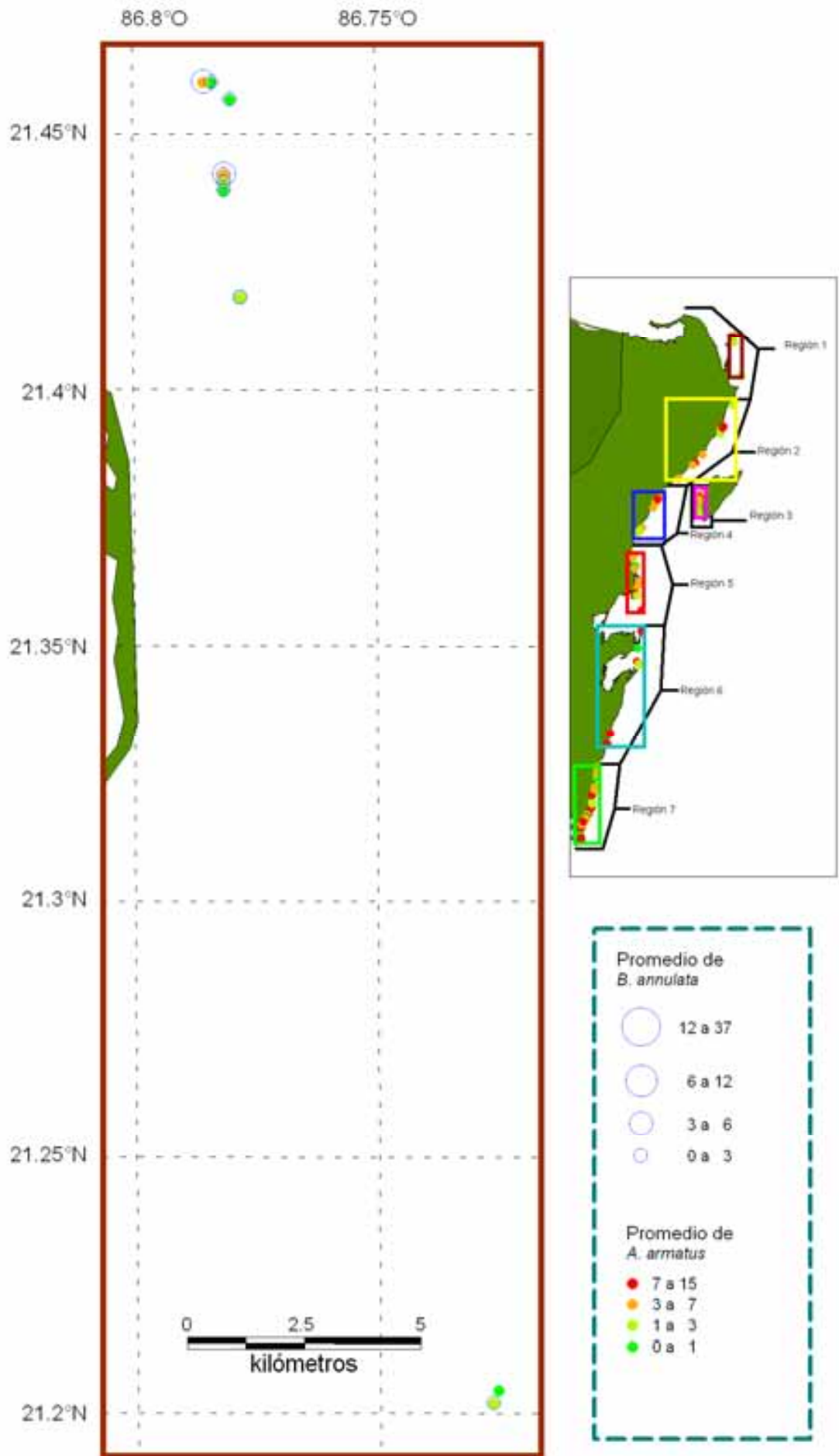
Mapa general.....	99
Región 1 : Contoy-Cancún.....	100
Región 2: Nizuc-Pto Aventuras.....	101
Región 3: Cozumel.....	102
Región 4 : Fátima-RBSK N.....	103
Región 5: RSBK N- Pájaros.....	104
Región 6 RBSK S-Chacchi.....	105
Región 7: Mahahual-Xcalak.....	106

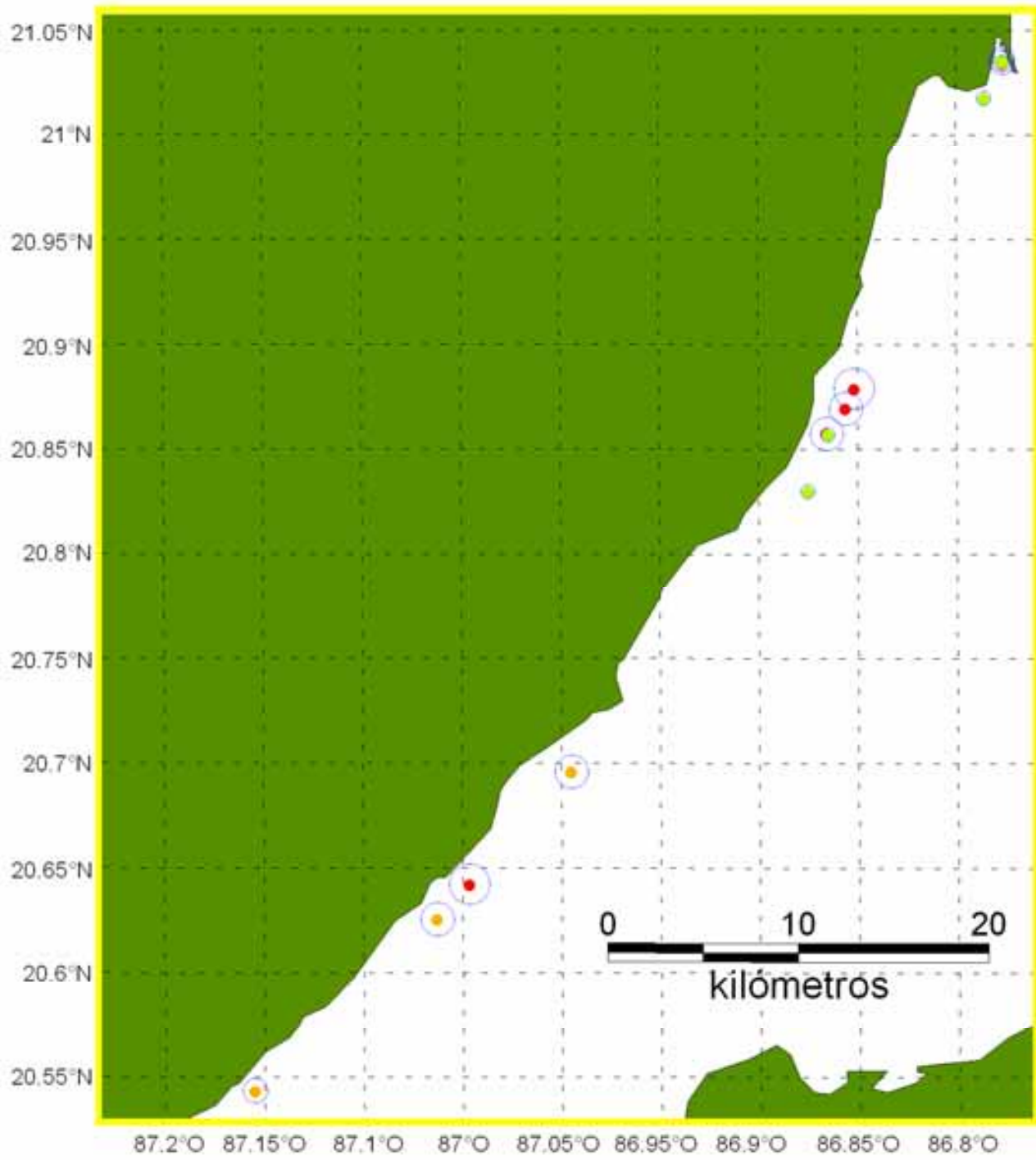
P. yucatanicus con *C. gigantea*

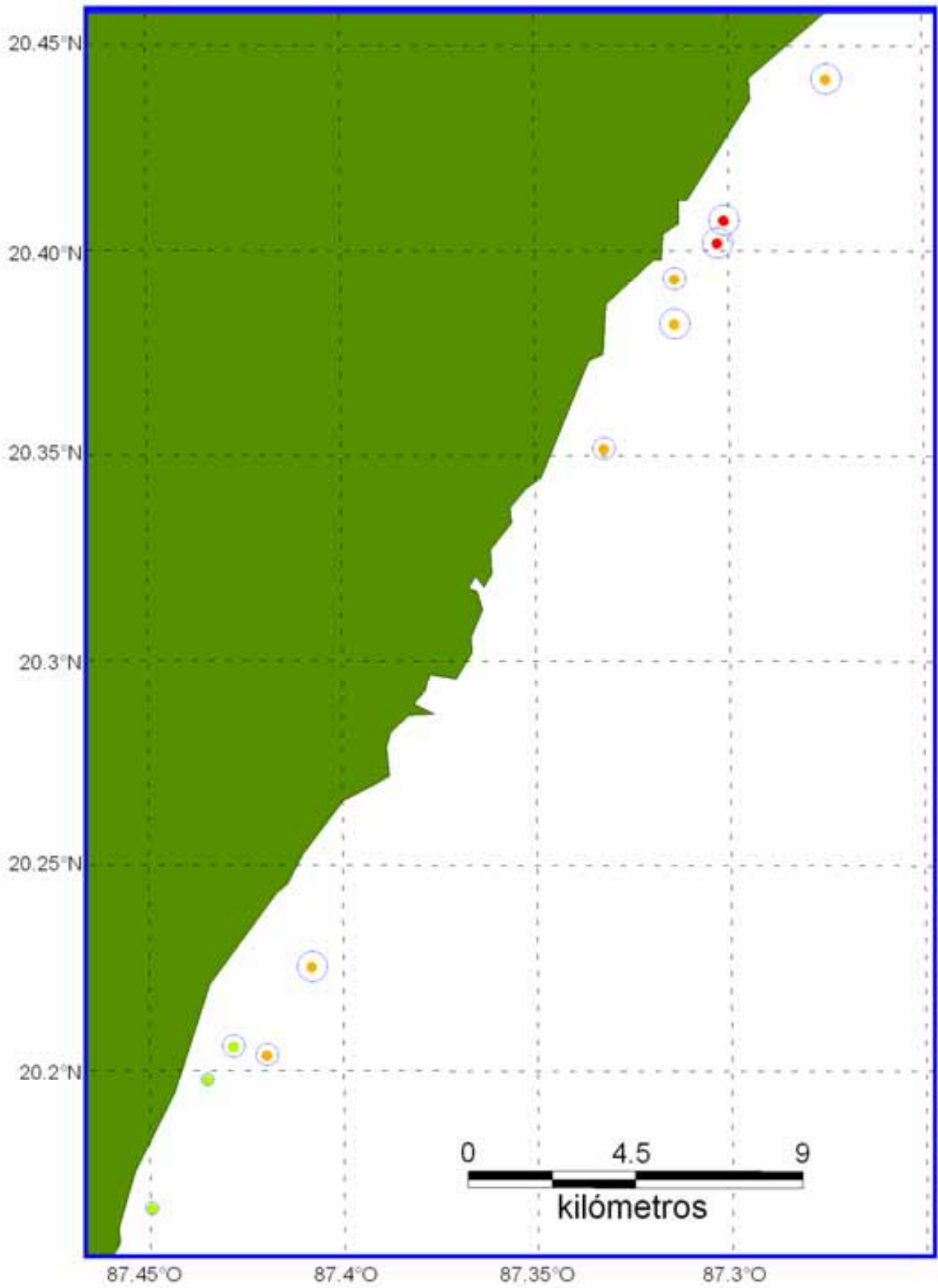
Mapa general.....	107
Región 1 : Contoy-Cancún.....	108
Región 2: Nizuc-Pto Aventuras.....	109
Región 3: Cozumel.....	110
Región 4 : Fátima-RBSK N.....	111
Región 5: RSBK N- Pájaros.....	112
Región 6 RBSK S-Chacchi.....	113
Región 7: Mahahual-Xcalak.....	114

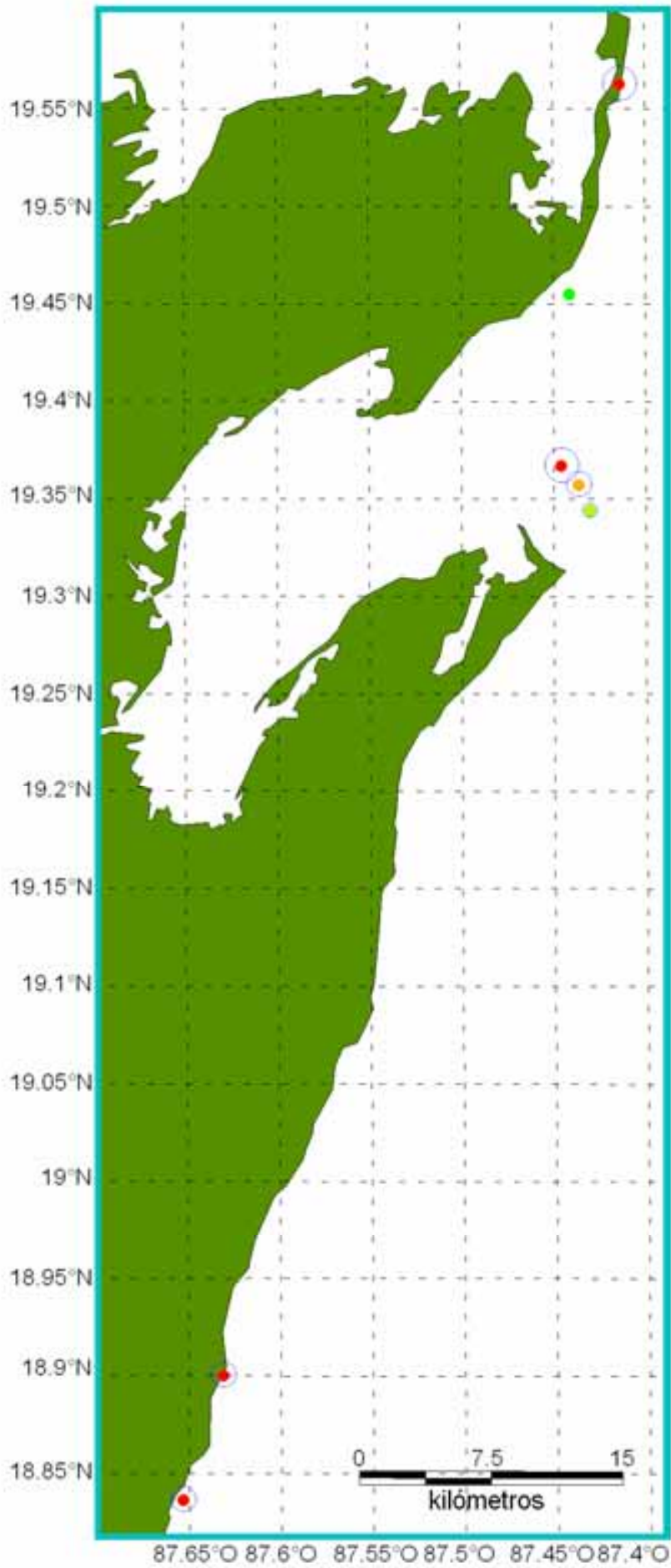
T. amboinensis con *B. annulata* y *C. gigantea*

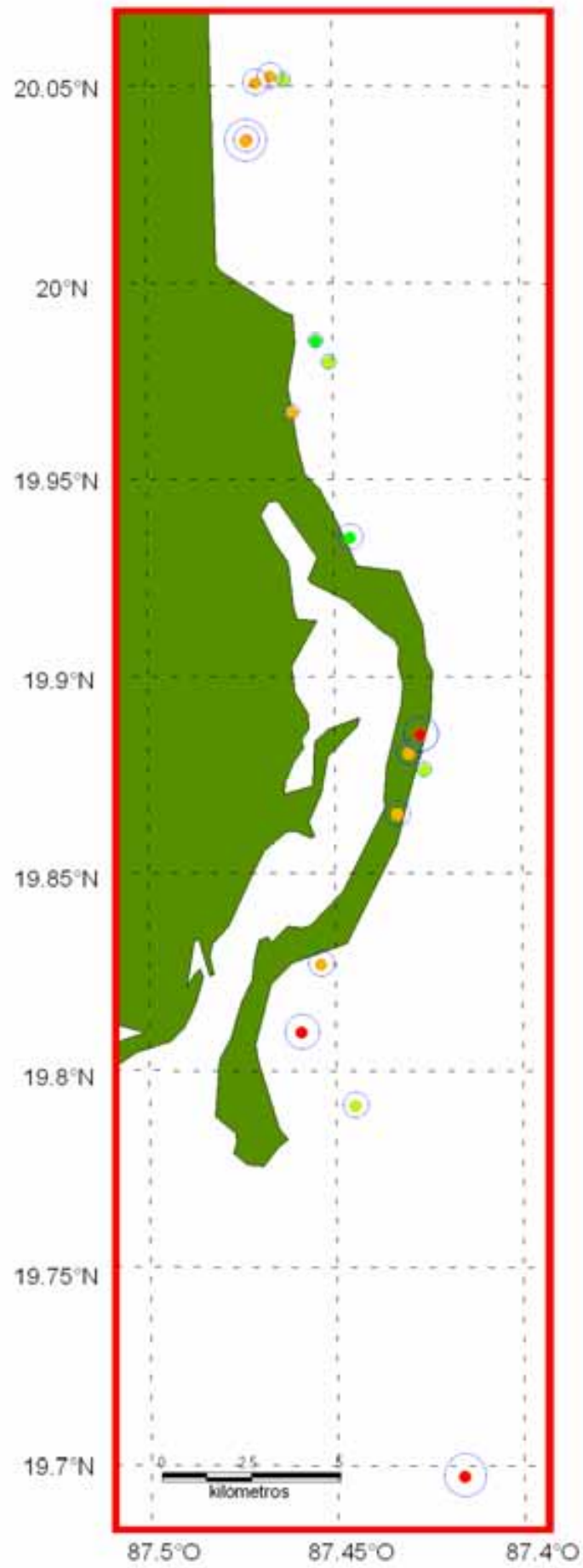
Mapa general.....	115
Región 1 : Contoy-Cancún.....	116
Región 2: Nizuc-Pto Aventuras.....	117
Región 3: Cozumel.....	118
Región 4 : Fátima-RBSK N.....	119
Región 5: RSBK N- Pájaros.....	120
Región 6 RBSK S-Chacchi.....	121
Región 7: Mahahual-Xcalak.....	122

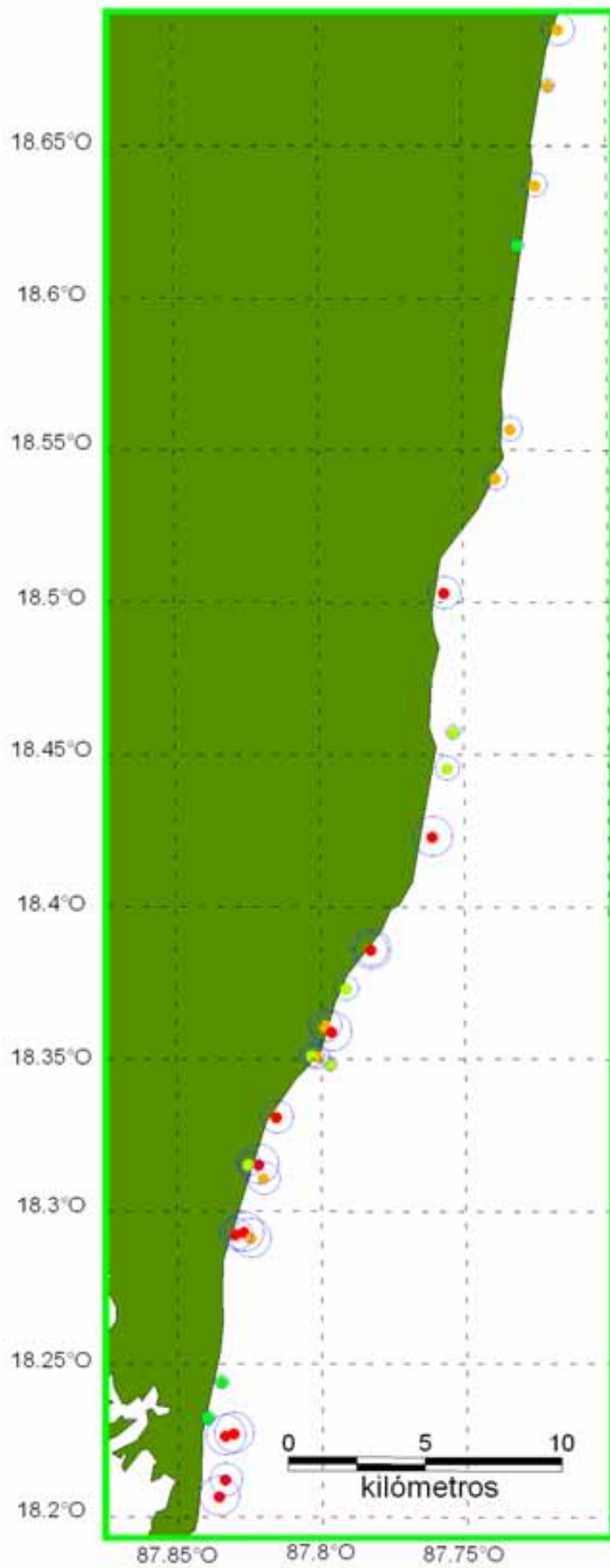


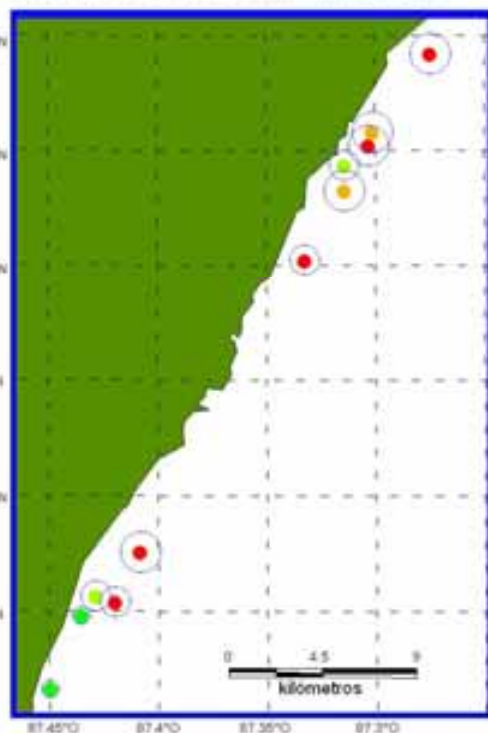
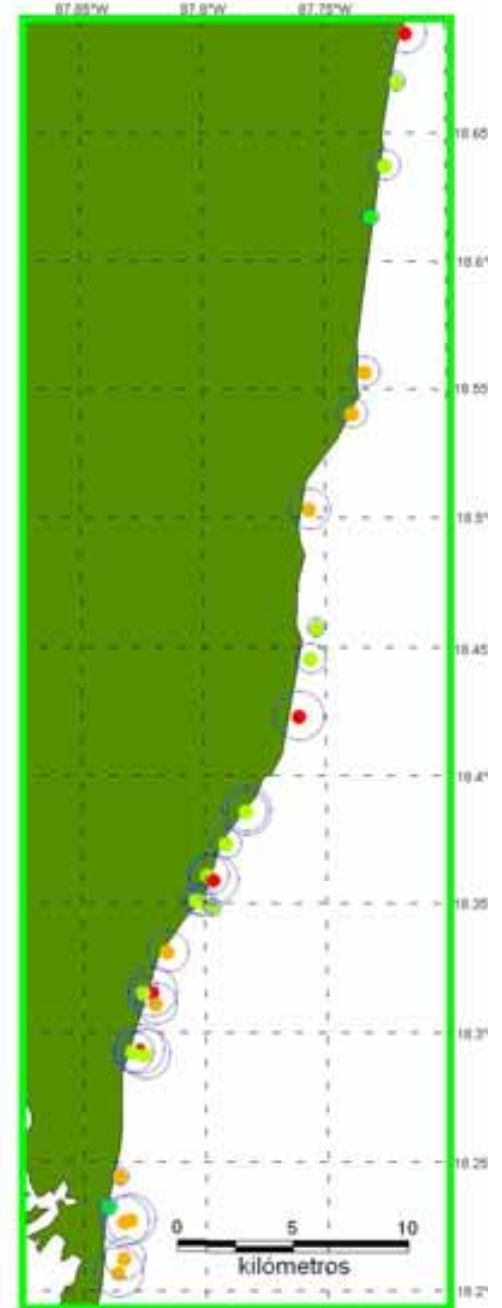
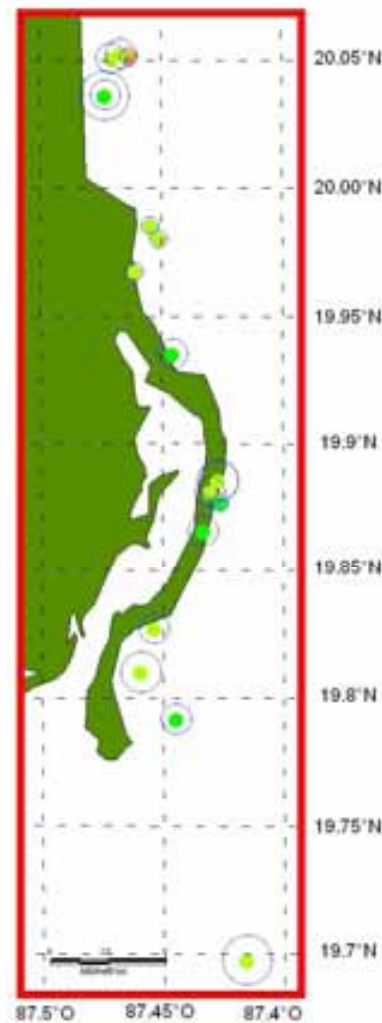
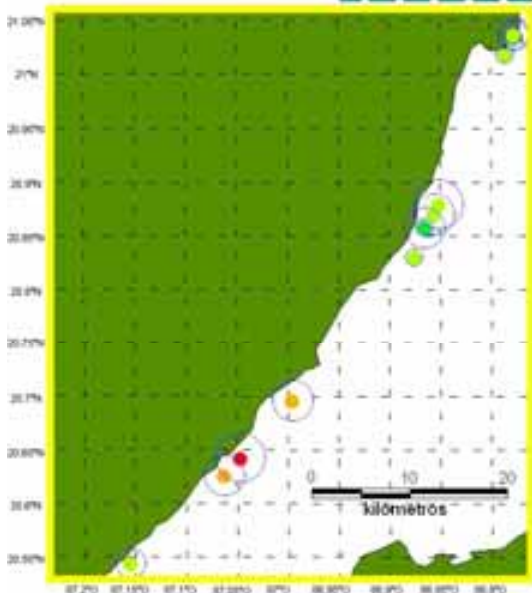
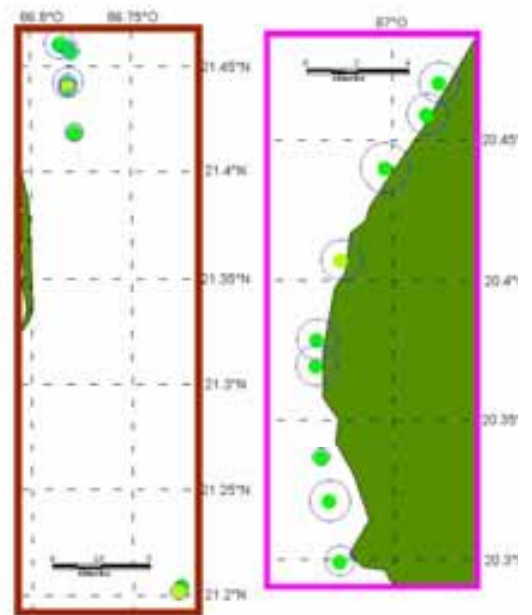
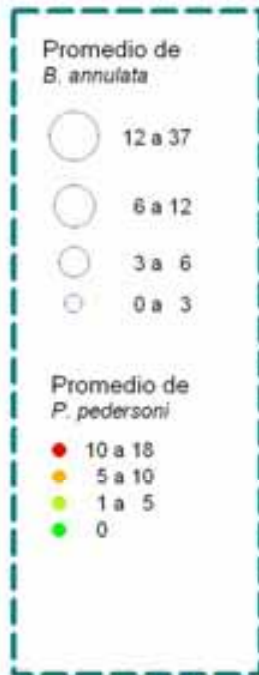




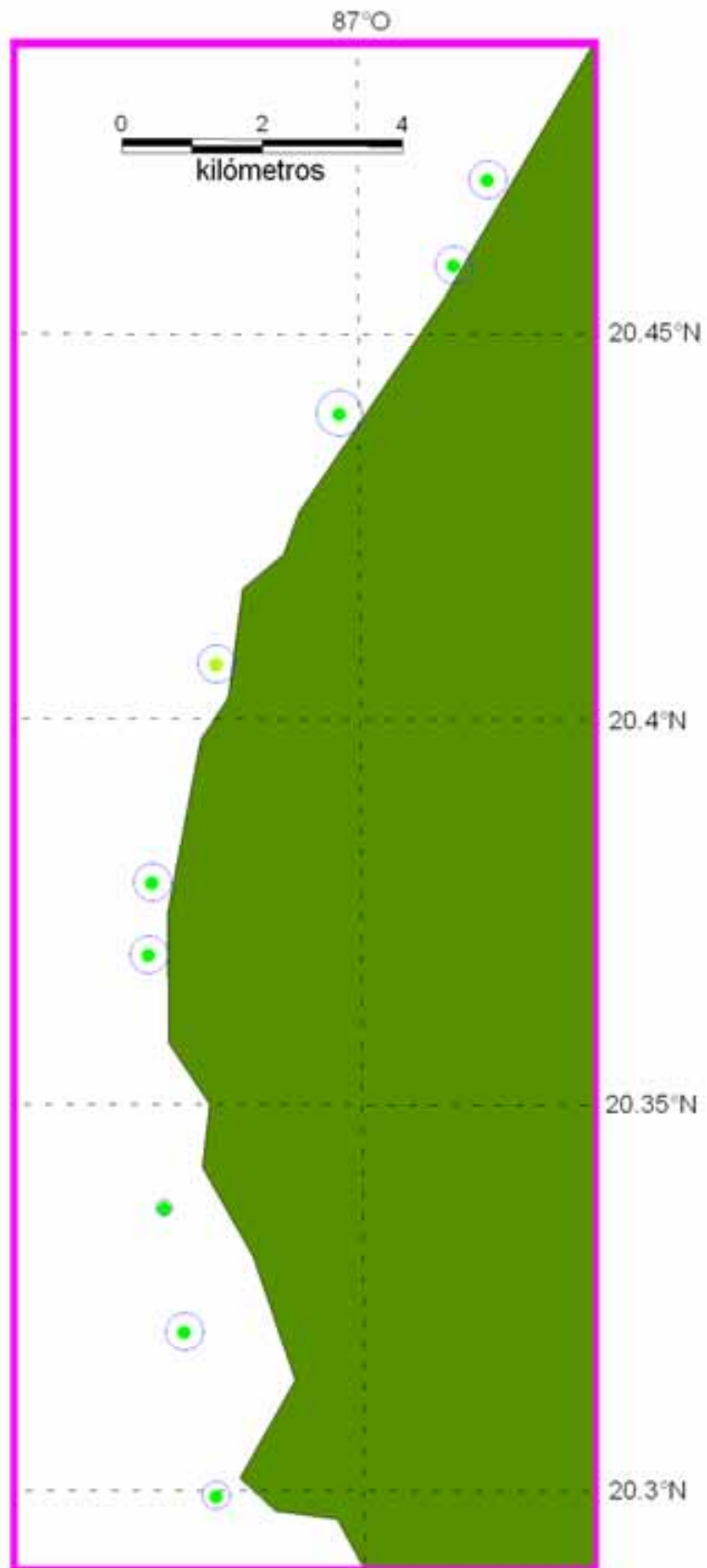


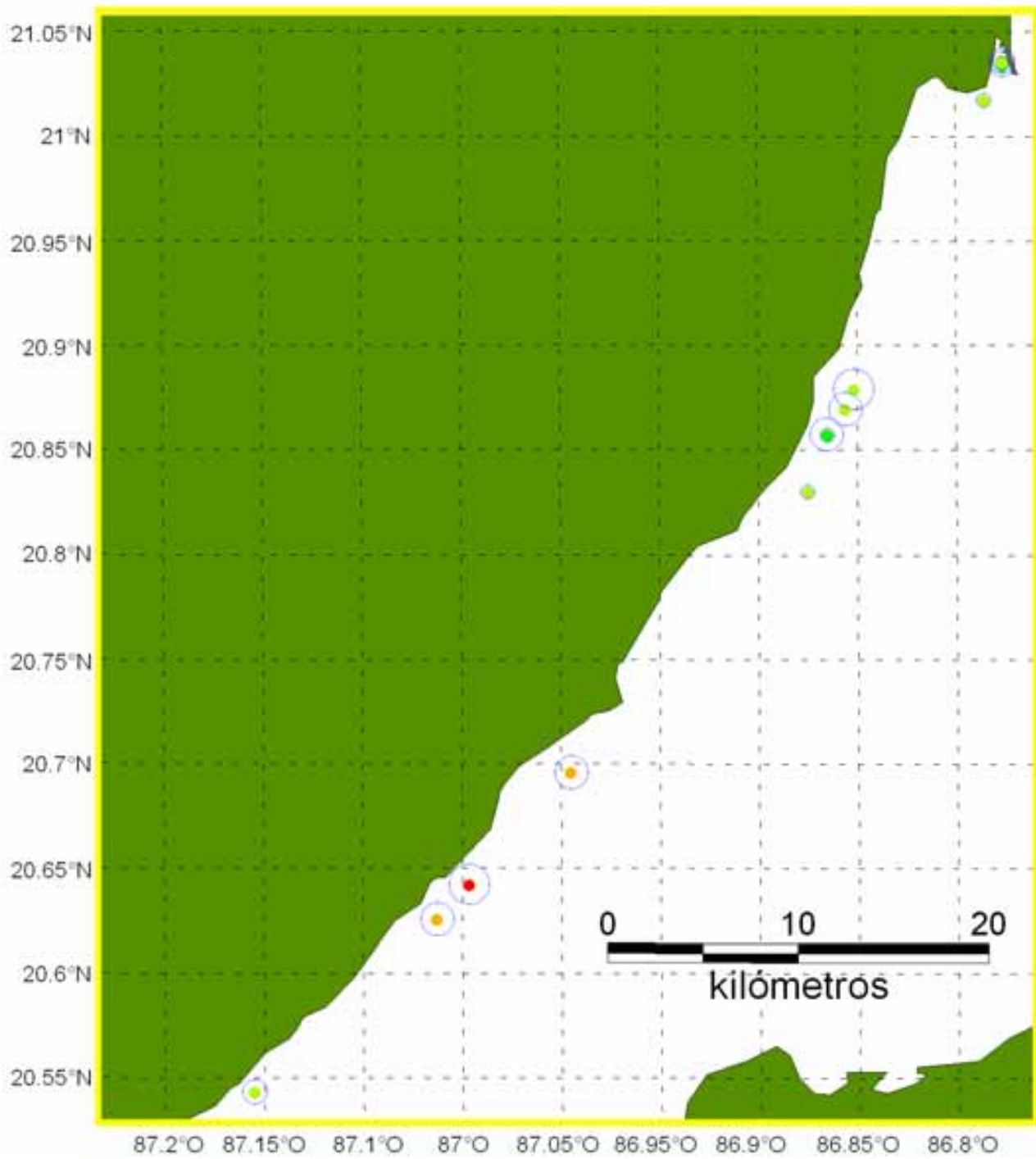


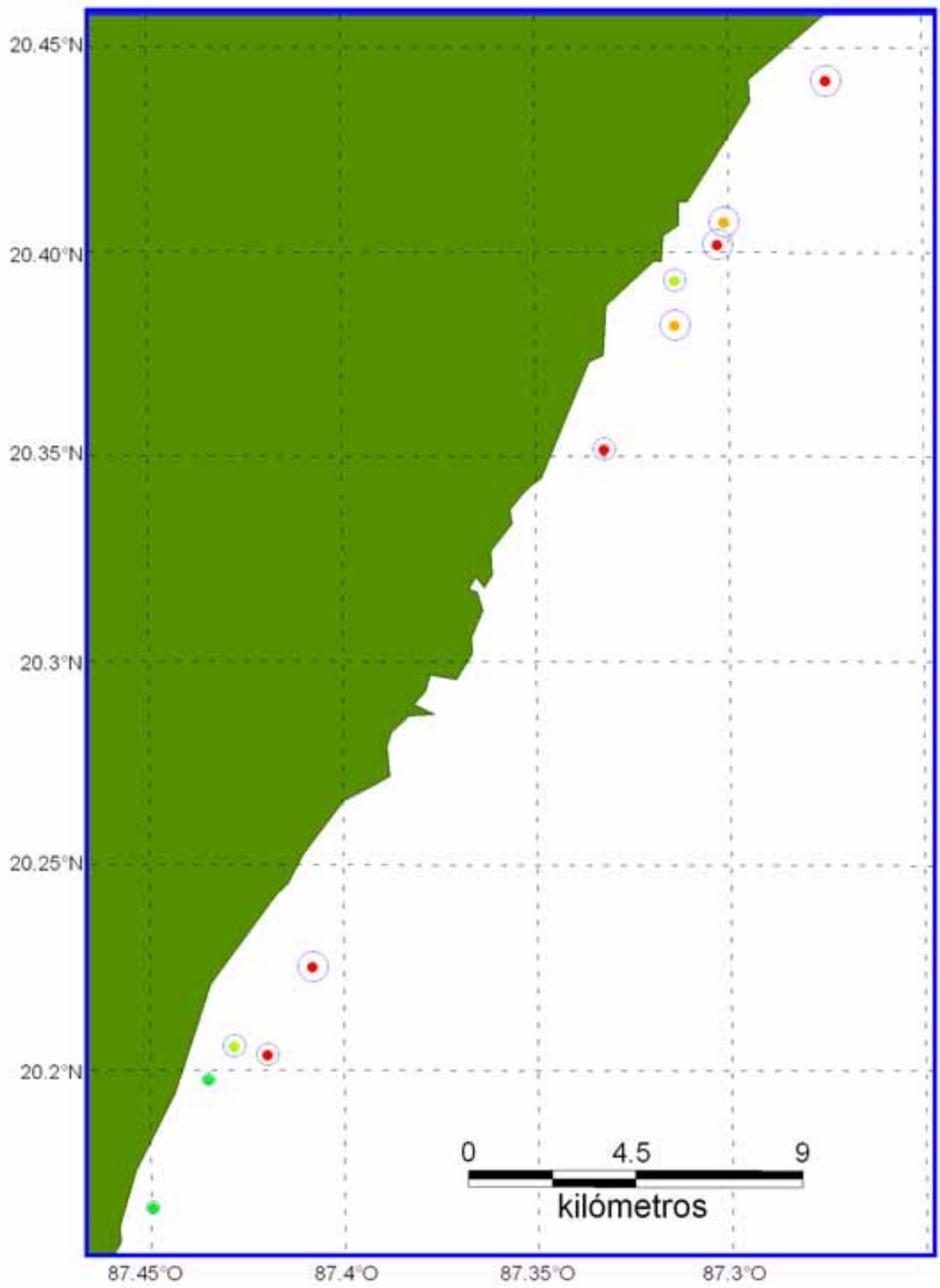


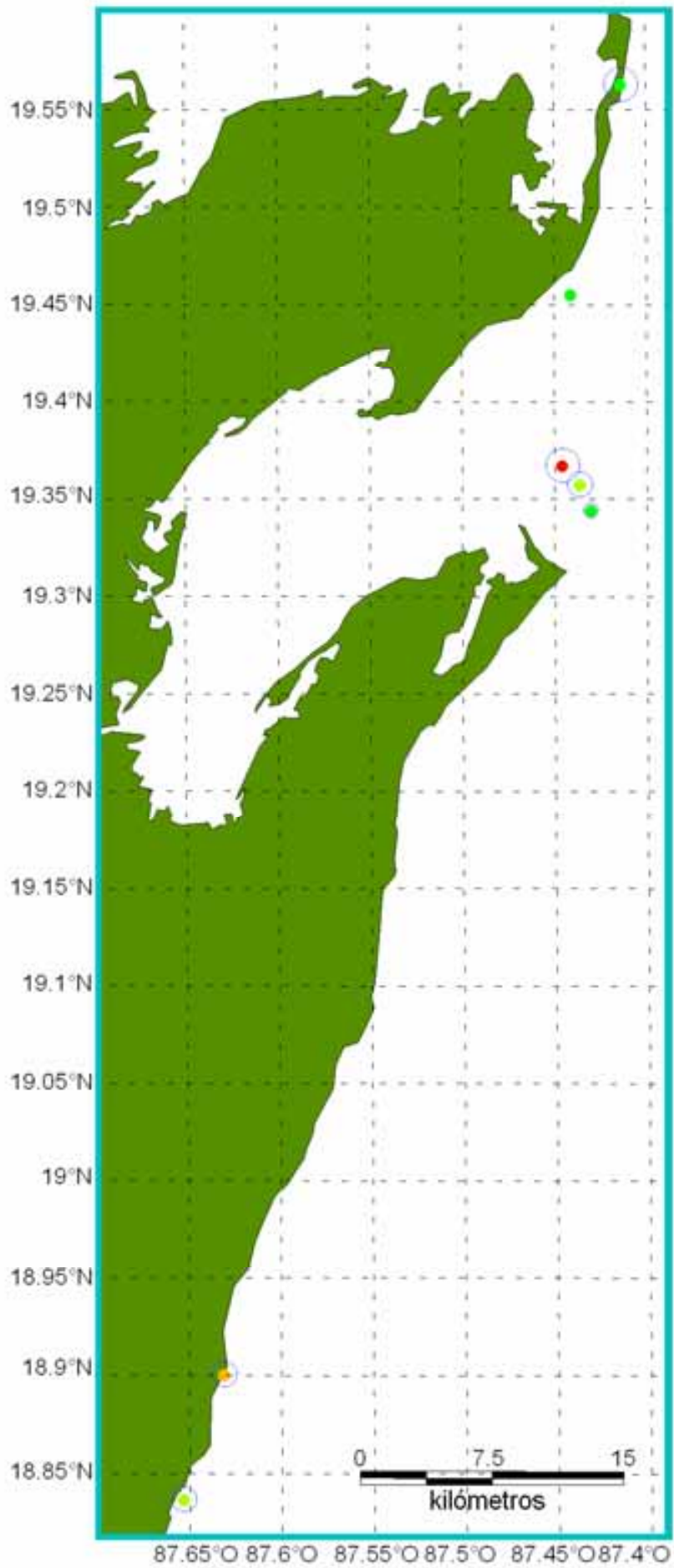


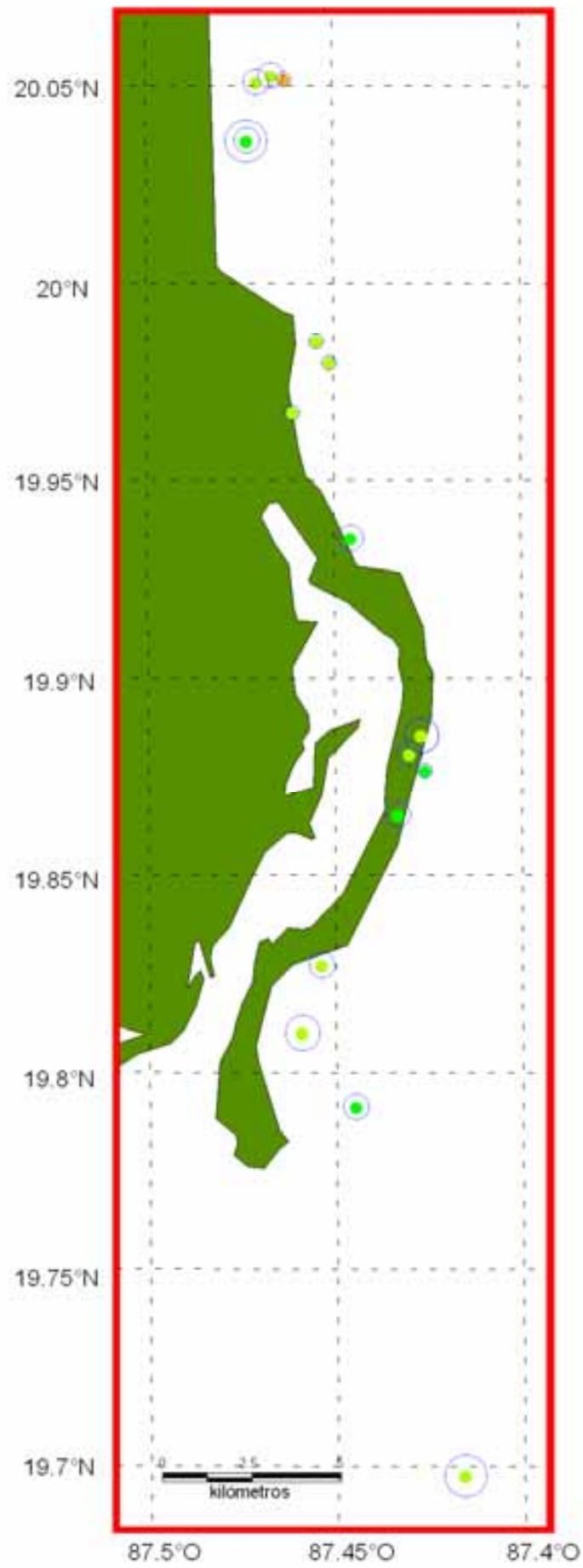


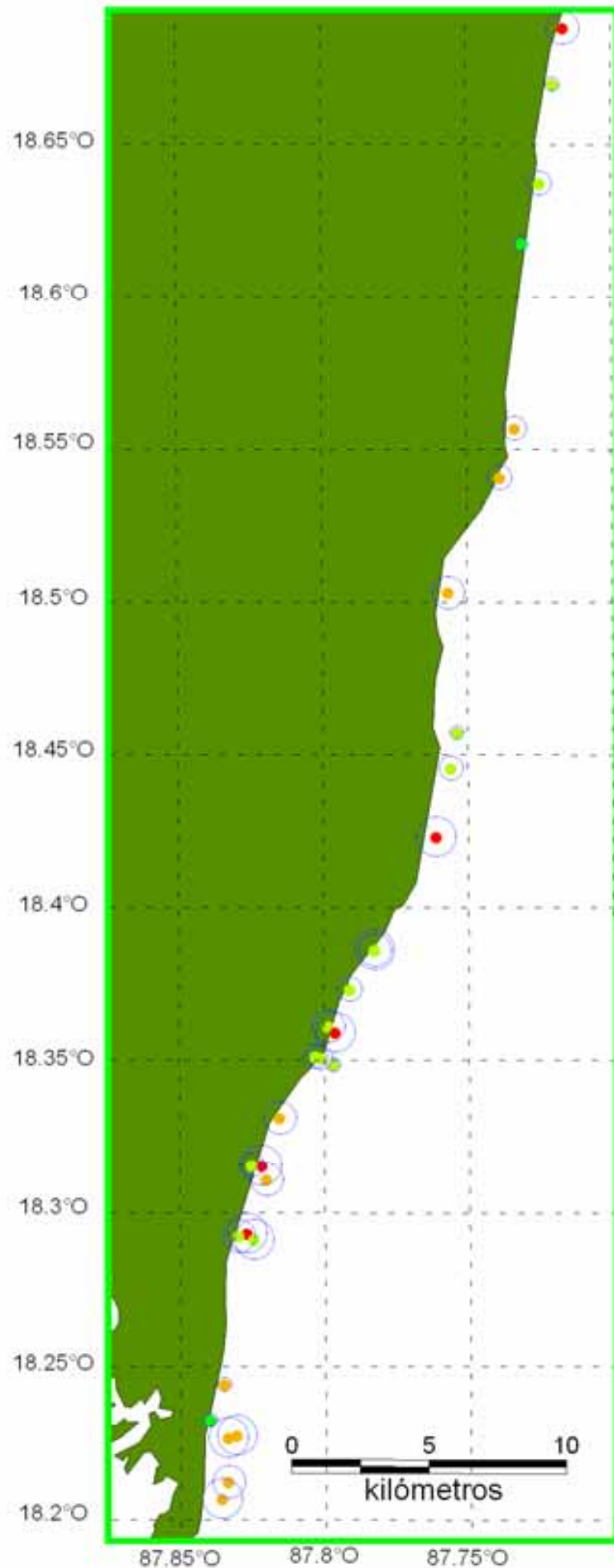


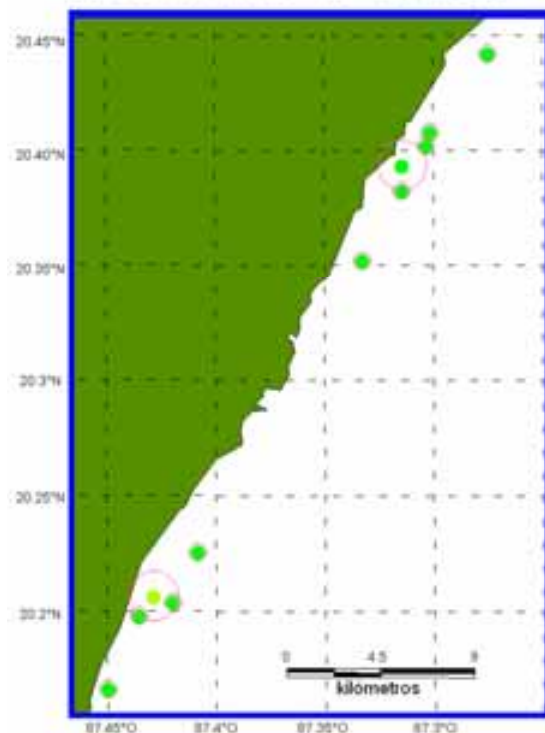
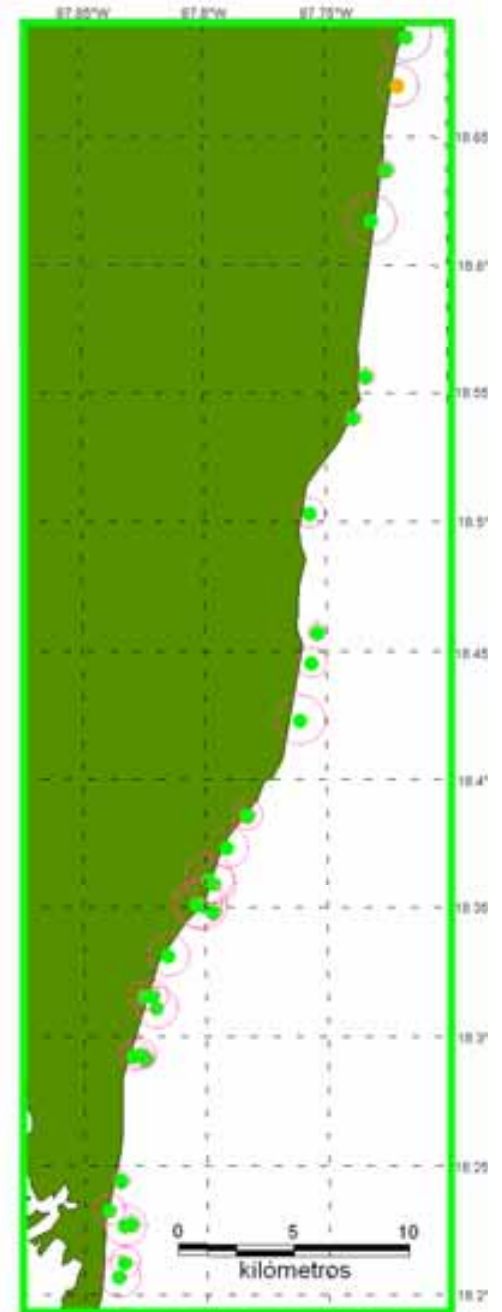
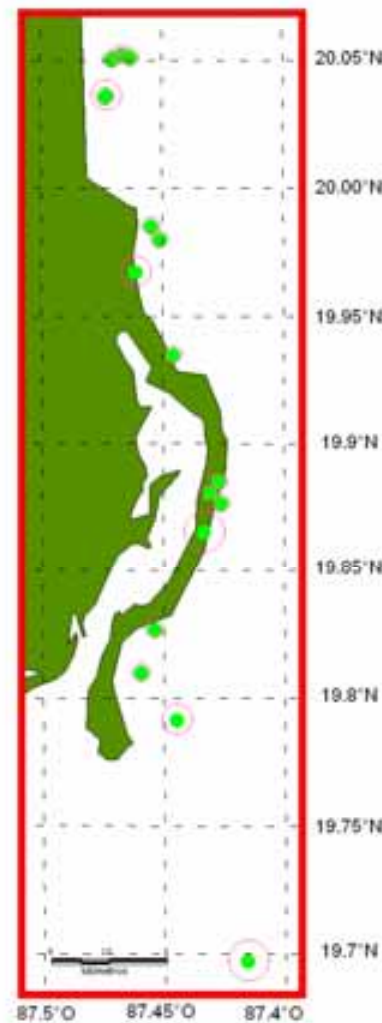
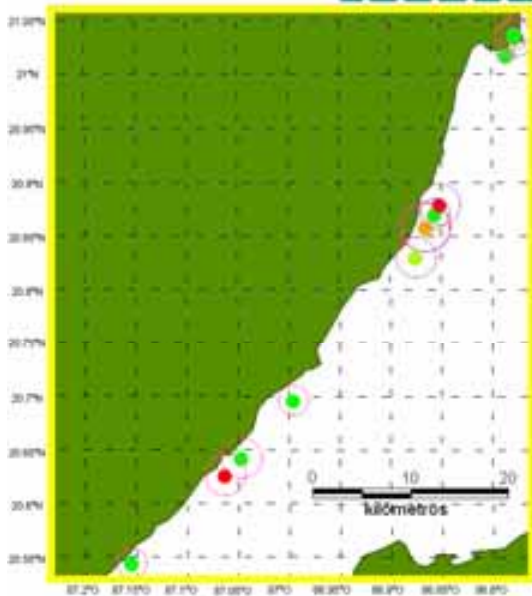
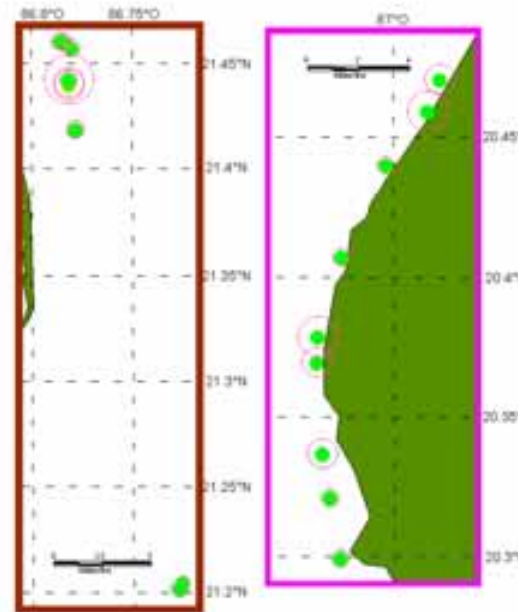
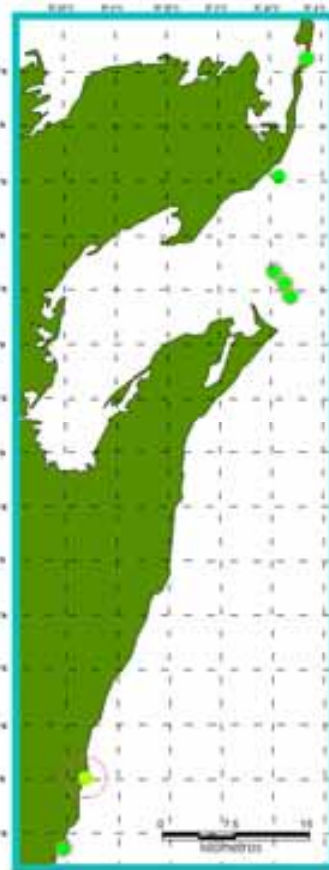


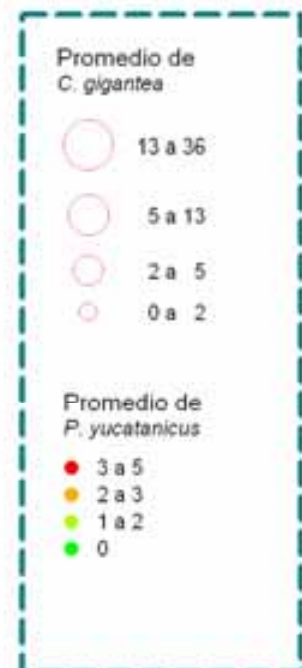


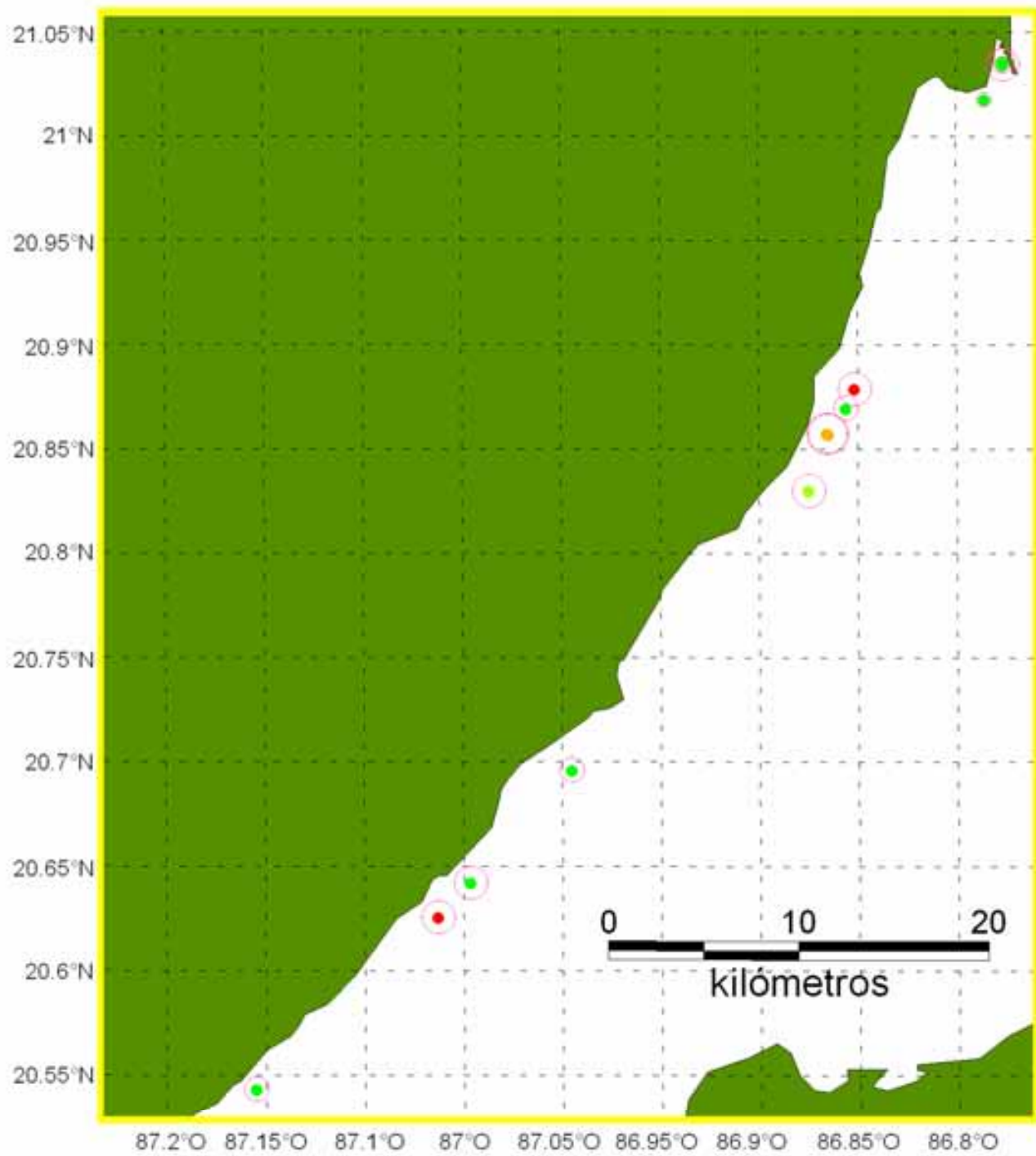


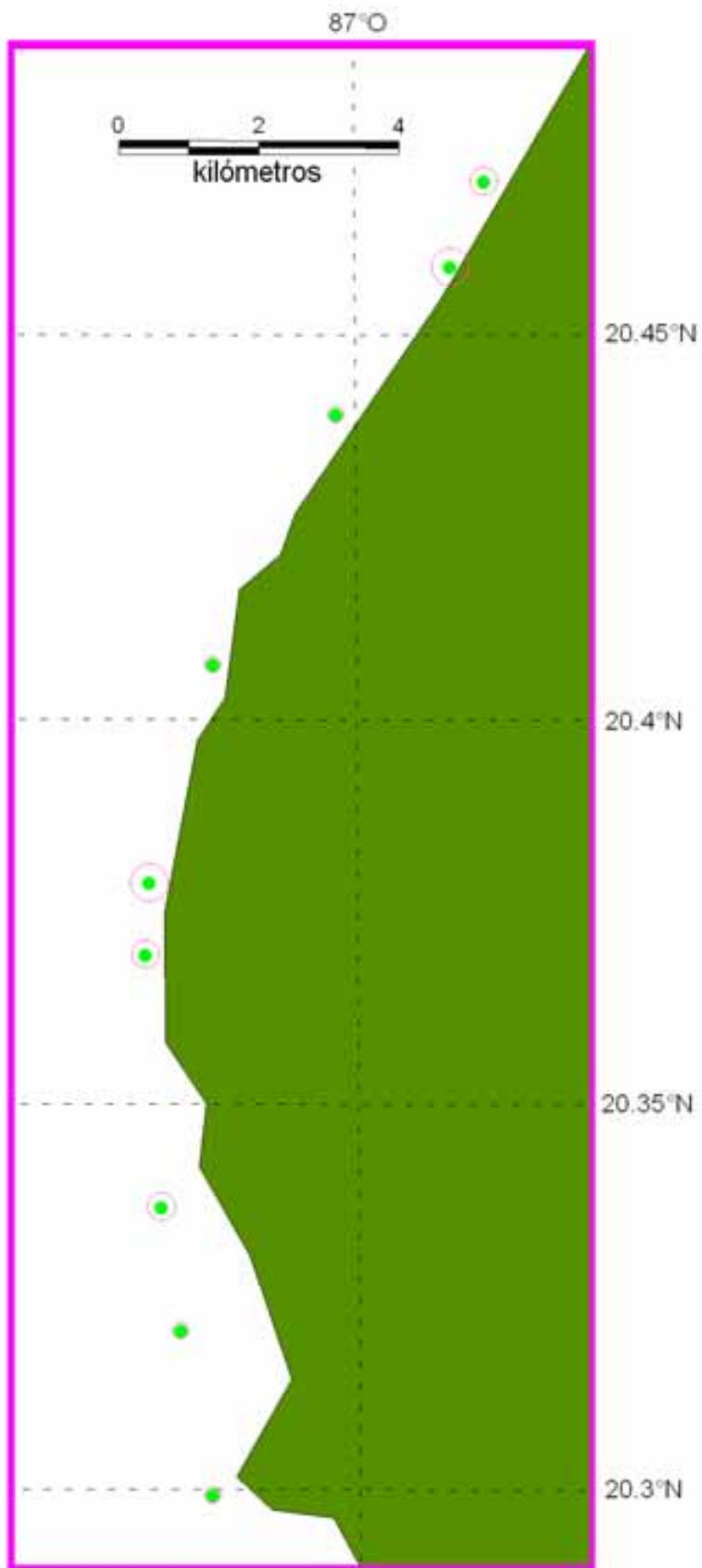


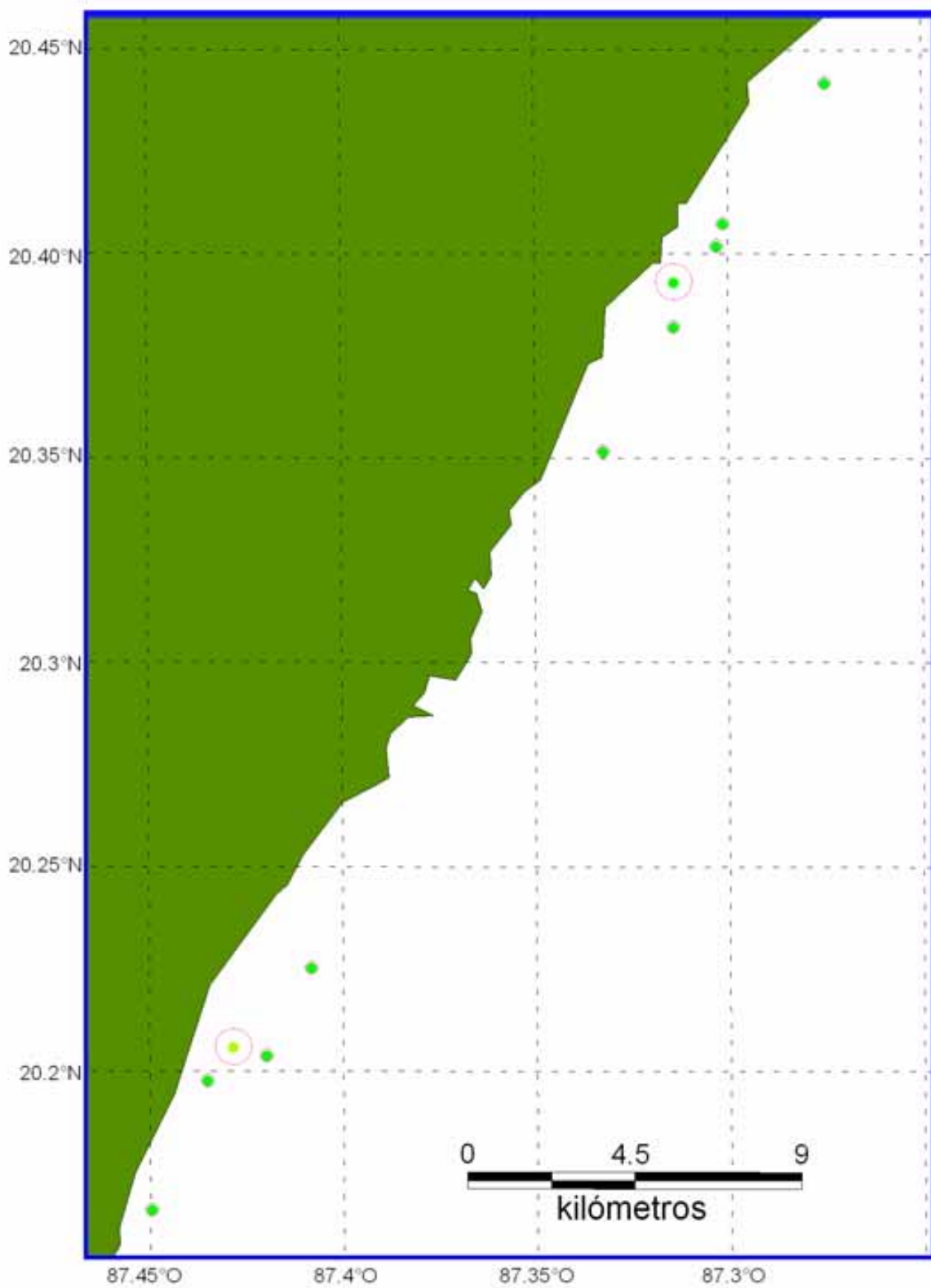


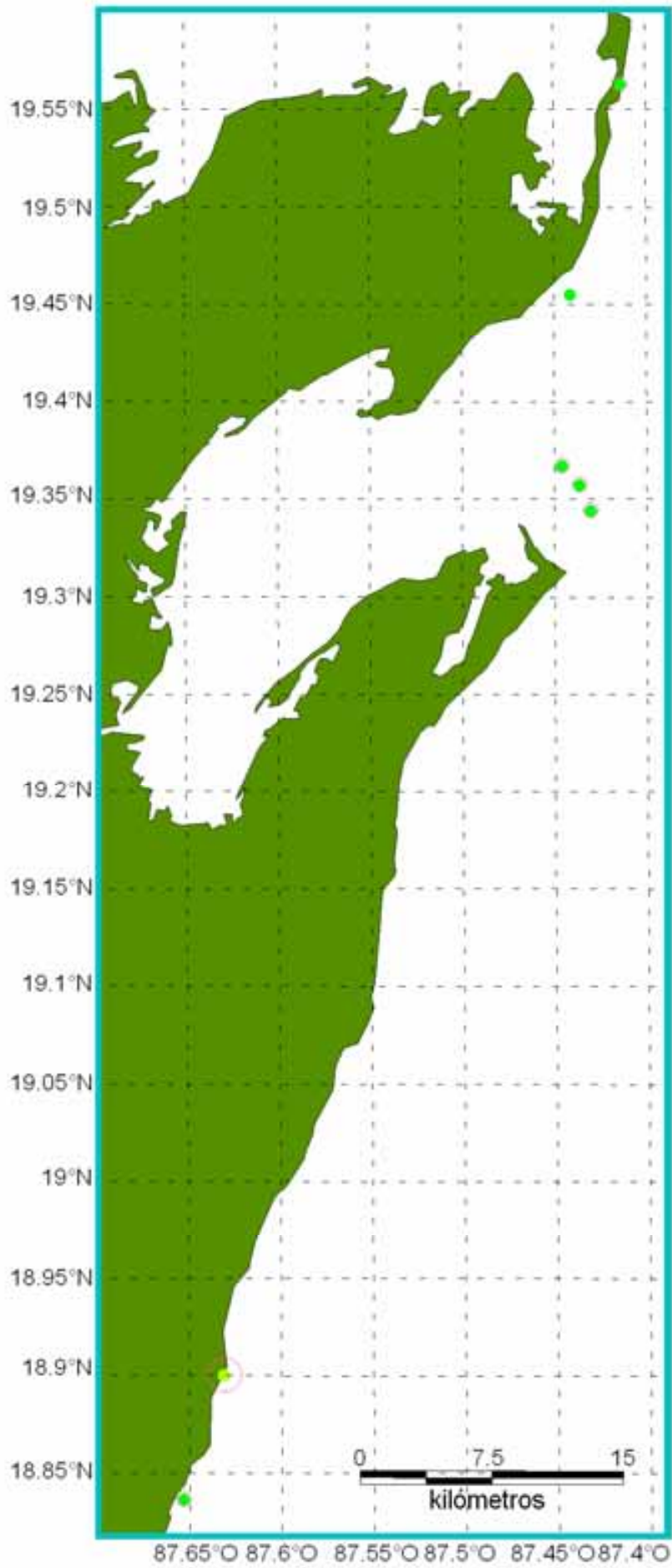


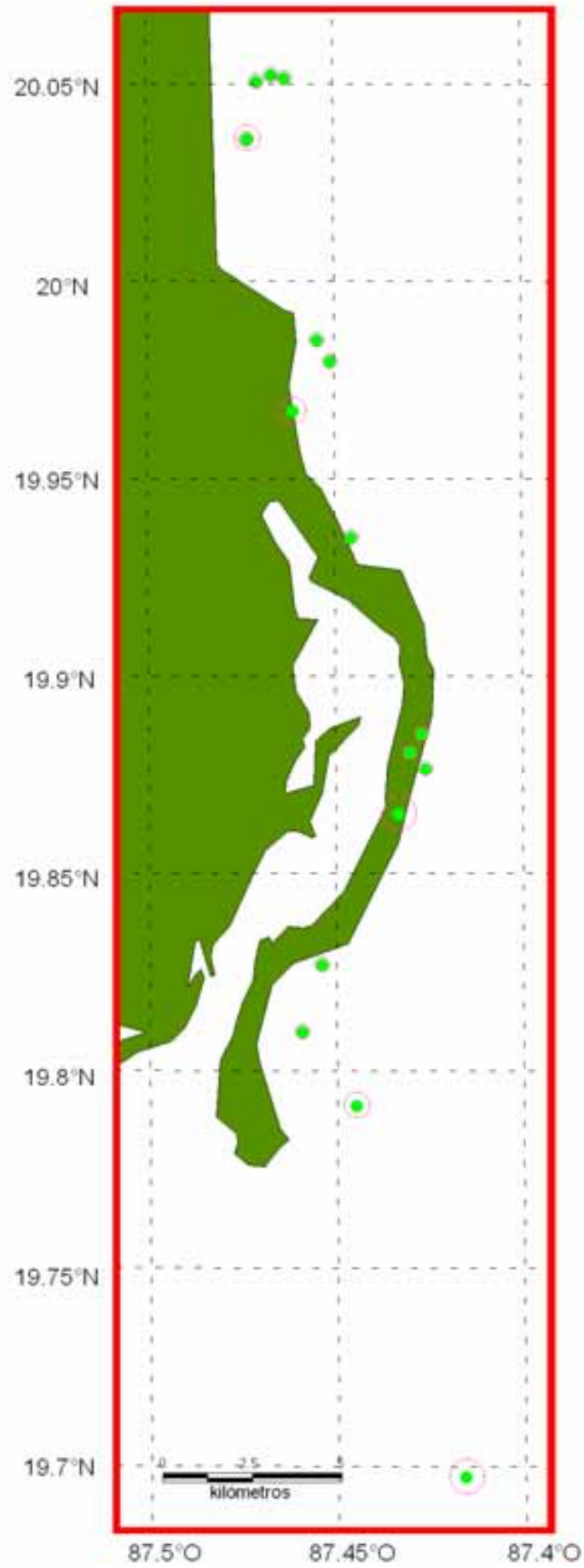


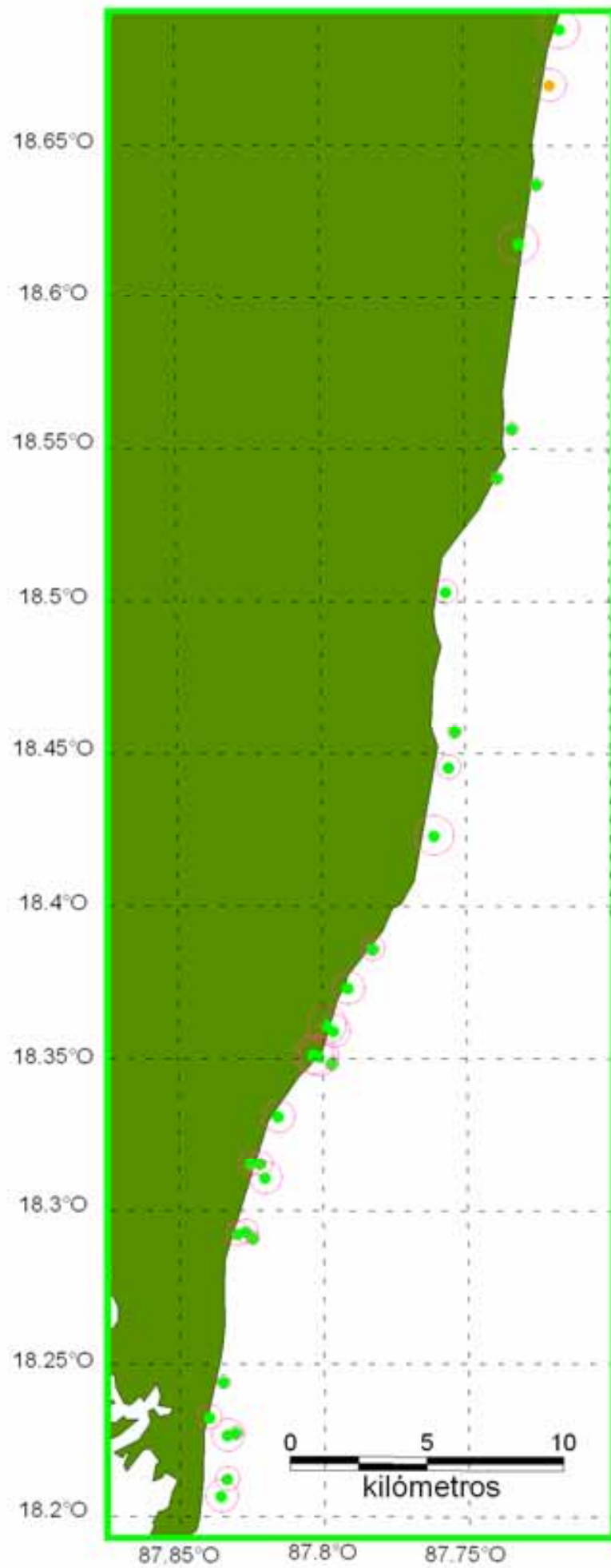


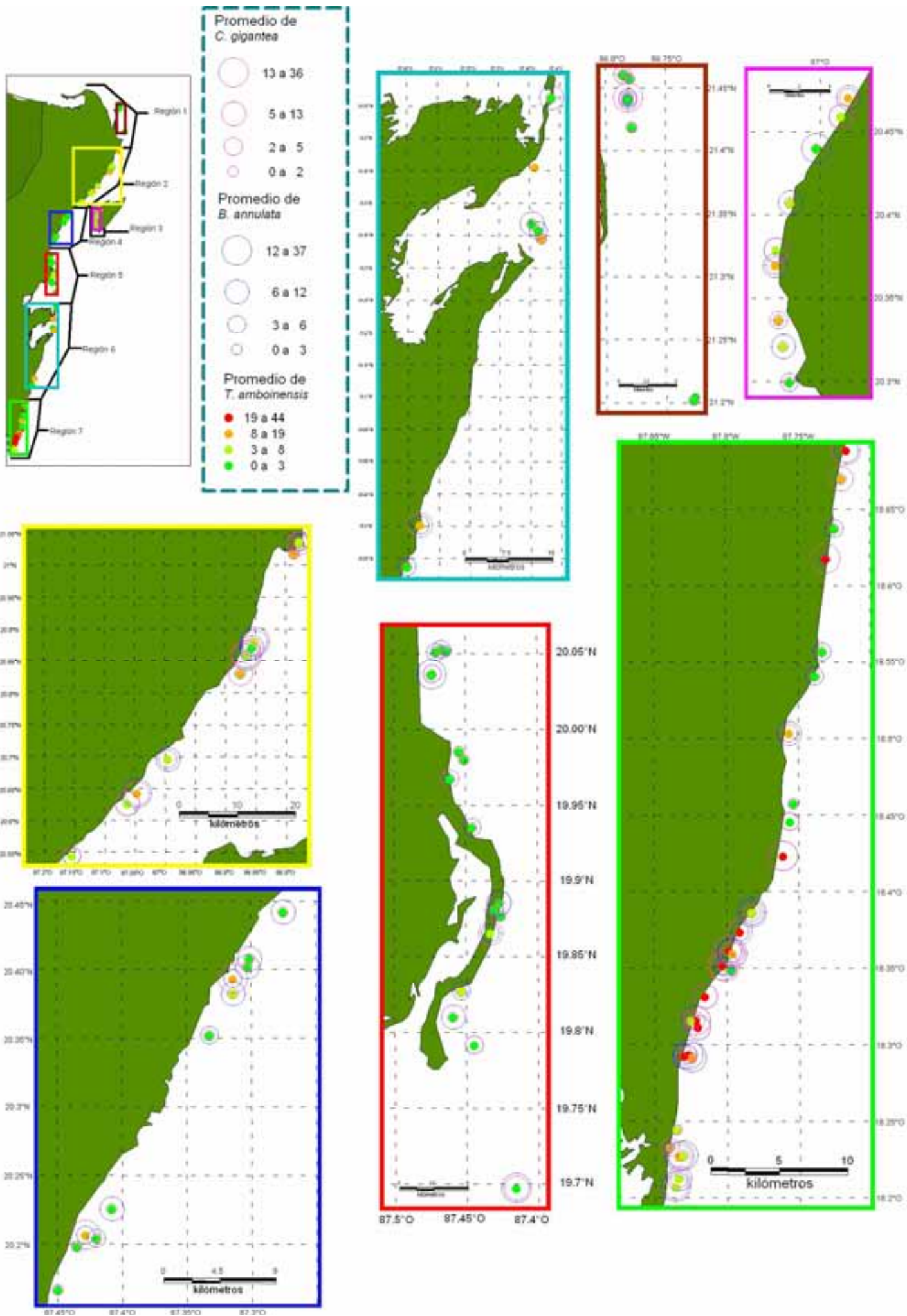


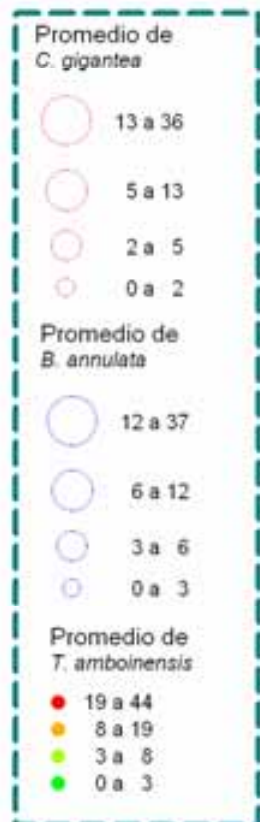


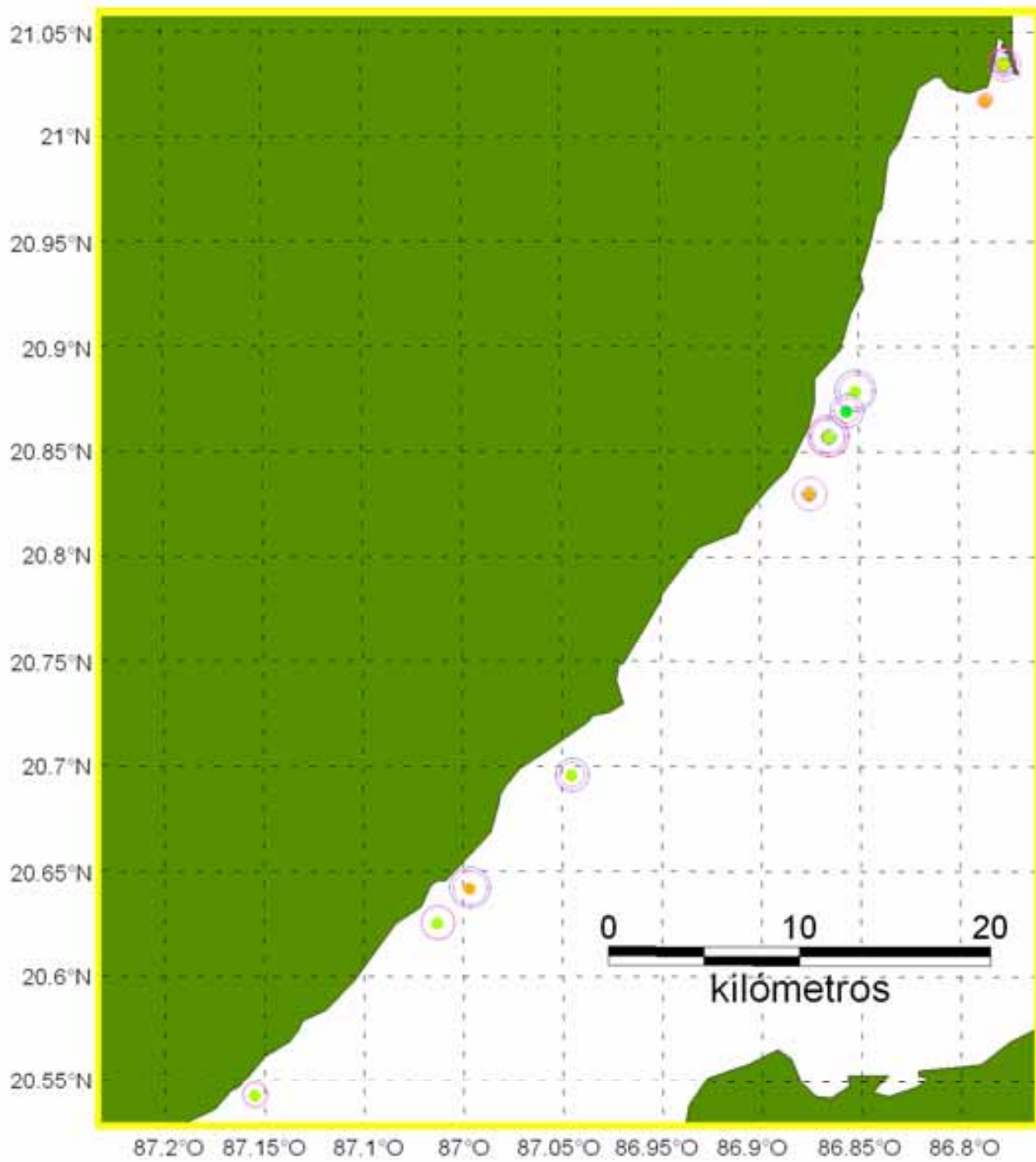


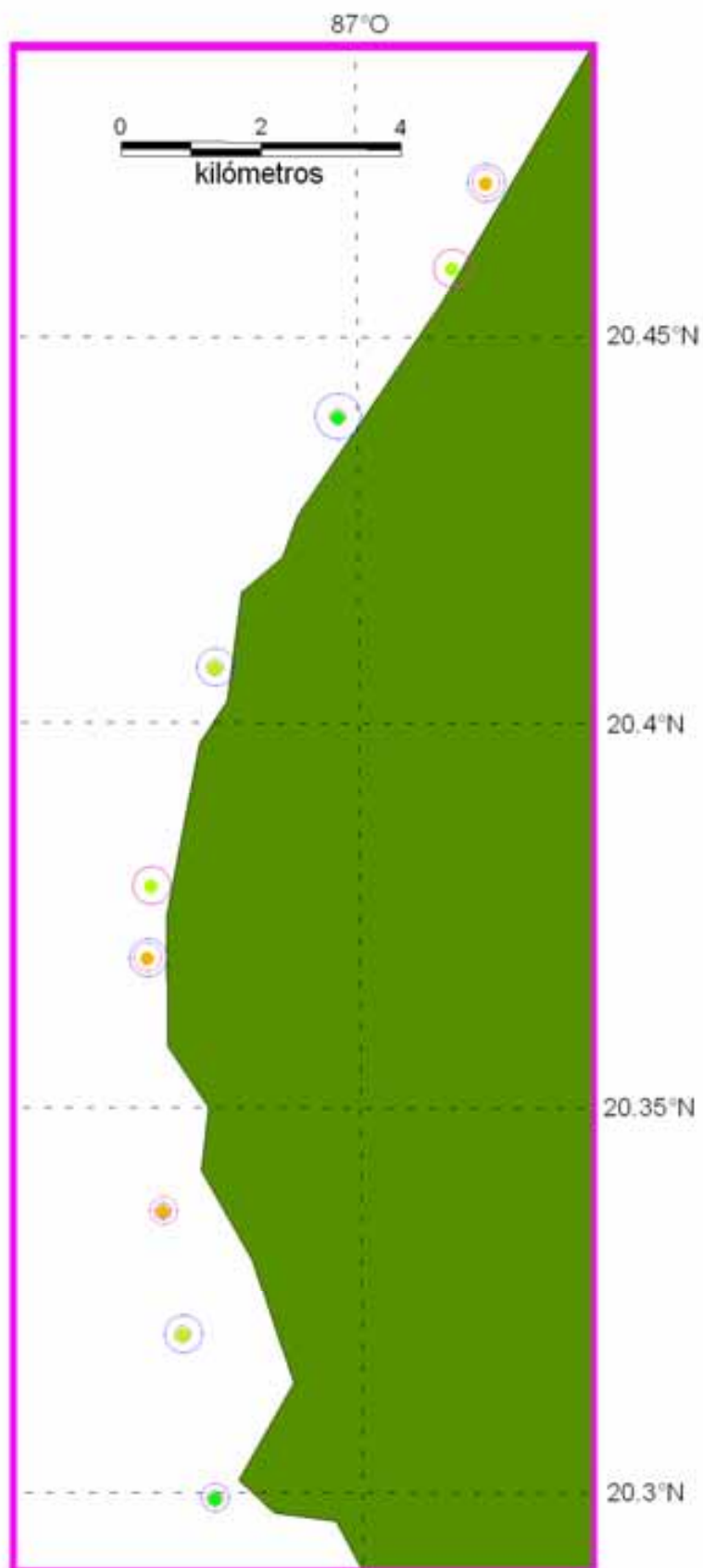


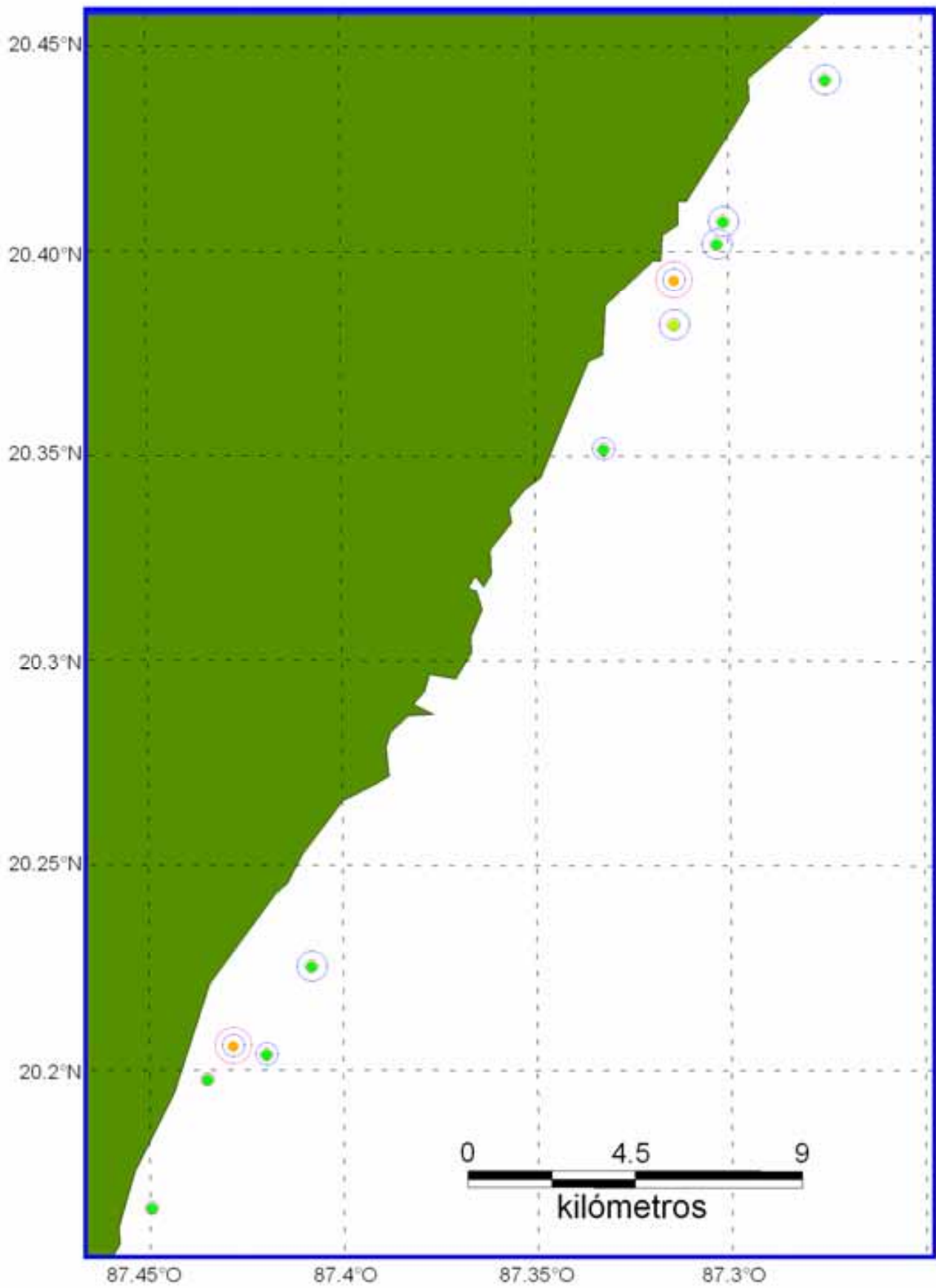


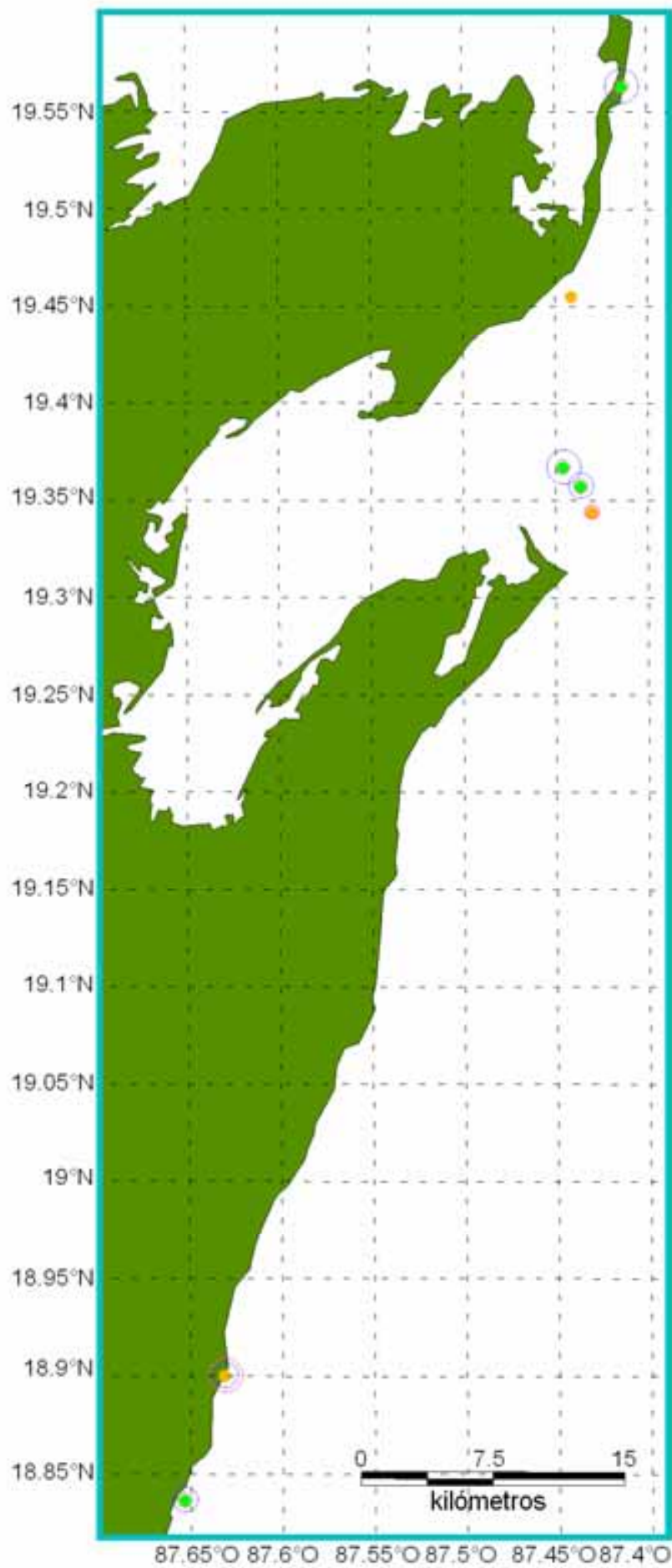


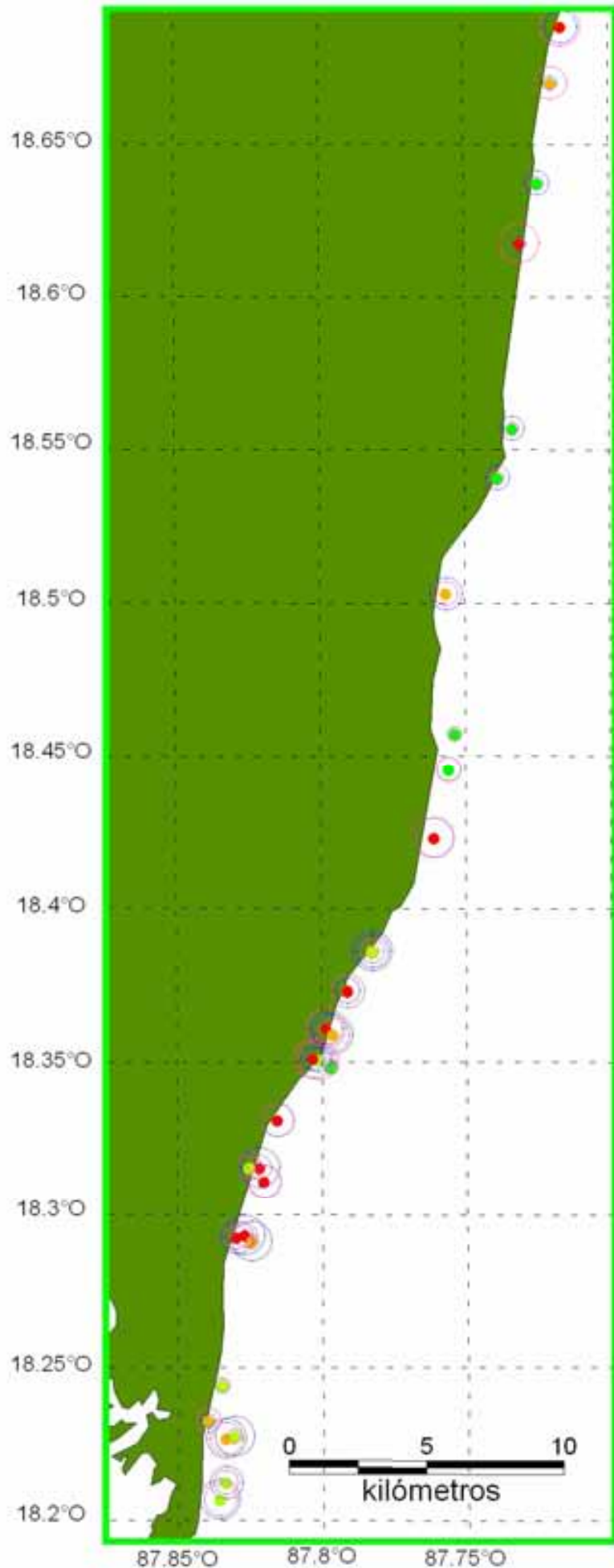












10.4 Anexo IV Tabla de datos

Datos de los sitios de muestreo. R= Región Ba= *Bartholomea annulata*, Cg= *Condylactis gigantea*, Aa= *Alpheus armatus*, Pp= *Periclimenes pedersoni*, Py= *Periclimenes yucatanicus*, Ta= *Thor amboinensis*. C= Chico, G= Grade, M= Mediano; Prof =Profundidad, +Prof= profundidad máxima. –Prof= profundidad mínima.

R	Sitio	Long W ° T	Lat N ° T	Localidad	Ba	Cg	Aa	Pp	Py	Ta	Ba C	Ba G	Ba M	Cg C	Cg G	Cg M	Med Prof	+Prof	-Prof
1	1	86.78361111	21.46	Isla Contoy	2	1	1				50%	0%	50%	0%	100%	0%	2.0	2.0	2.0
1	2	86.78111111	21.44194444	Isla Contoy		32			1	3				19%	47%	34%	3.9	4.6	3.0
1	3	86.78111111	21.44194444	Isla Contoy	6		6				100%	0%	0%				2.6	2.7	2.0
1	4	86.78111111	21.43888889	Isla Contoy		9			2					11%	67%	22%	3.5	9.1	2.0
1	5	86.77777778	21.41805556	Isla Contoy	2	1	1				0%	100%	0%				3.1	3.4	3.0
1	6	86.77777778	21.41805556	Isla Contoy	3	1	4				33%	0%	67%	0%	100%	0%	4.8	5.5	4.0
1	7	86.78111111	21.44055556	Isla Contoy	3	7	2	1		4	67%	33%	0%	14%	43%	43%	2.5	3.0	1.4
1	8	86.77972222	21.45666667	Isla Contoy	2						100%	0%	0%				4.8	5.2	4.4
1	9	86.78527778	21.46	Isla Contoy	6		7				50%	17%	33%	0%	0%	0%	2.8	3.4	1.2
1	10	86.72555556	21.20444444	Isla Mujeres														0.0	0.0
1	11	86.72666667	21.20194444	Isla Mujeres	3		3	3			0%	50%	50%				8.7	9.1	8.2
1	12	ND	ND	Isla Mujeres	1	1	1		1	4	0%	0%	100%	0%	100%	0%	9.1	9.1	9.0
2	13	86.77611111	21.03416667	Punta Nizuc	4		4	1			50%	25%	25%				4.8	5.8	3.9
2	14	86.77611111	21.03416667	Punta Nizuc	8	16	6			9	17%	0%	83%	38%	19%	44%	3.4	4.3	2.3
2	15	86.77611111	21.03555556	Punta Nizuc	7	7	2	1		9	60%	20%	20%	14%	43%	43%	3.8	4.9	2.4
2	16	86.78527778	21.01722222	Punta Nizuc	5		4	1		21	67%	0%	33%				3.3	4.3	2.1
2	17	86.86555556	20.85722222	Puerto Morelos	14	64	15	3	5	19	45%	36%	18%	22%	34%	44%	2.8	3.7	1.7
2	18	86.86472222	20.85666667	Puerto Morelos	3	71	4		5	15	0%	33%	67%	21%	27%	52%	2.3	3.0	1.0
2	19	86.87472222	20.82972222	Puerto Morelos	3	12	4	2	3	19	0%	33%	67%	0%	58%	42%	8.1	9.1	5.4
2	20	86.85583333	20.86916667	Puerto Morelos	12	6	15	1		1	17%	8%	75%	50%	0%	50%	2.6	3.7	1.4
2	21	86.85138889	20.87861111	Puerto Morelos	12	9	11	4	3	6	36%	36%	27%	22%	11%	67%	4.5	5.0	4.0

2	109	86.99513889	20.69544444	Playa del Carmen	14	4	10	13		8	21%	57%	21%	0%	50%	50%	8.9	10.2	7.6
2	110	87.04658333	20.64188889	Playa del Carmen	24	11	28	24	1	17	17%	48%	35%	9%	82%	9%	11.8	13.3	1.2
2	111	87.15488889	20.54277778	Playa del Carmen	7	6	6	6		11	29%	0%	71%	0%	100%	0%	13.2	15.2	11.6
2	112	87.06269444	20.62511111	Playa del Carmen	14	11	11	16	9	14	31%	15%	54%	0%	50%	50%	10.3	11.4	9.1
3	92	87.02705556	20.33652778	Cozumel	6	10	4			28	33%	0%	67%	10%	80%	10%	13.1	20.0	4.9
3	93	87.02905556	20.36936111	Cozumel	20	7	16			44	55%	5%	40%	14%	43%	43%	14.1	17.1	9.9
3	94	87.00263889	20.43958333	Cozumel	27	1	17			2	44%	11%	44%	0%	0%	100%	14.3	15.2	10.6
3	95	86.98691667	20.45886111	Cozumel	13	11	3			11	62%	8%	31%	0%	55%	45%	4.4	5.6	3.0
3	96	87.02016667	20.29916667	Cozumel	8		2				25%	13%	63%				9.8	10.5	7.6
3	97	87.02438889	20.32044444	Cozumel	12	1	5			9	17%	8%	75%	0%	0%	100%	7.9	8.5	6.1
3	98	87.01958333	20.40708333	Cozumel	12	2	10	1		15	33%	42%	25%	0%	50%	50%	6.2	9.4	5.6
3	99	86.98222222	20.47002778	Cozumel	18	5	10			20	22%	6%	72%	0%	100%	0%	11.8	13.4	7.8
3	100	87.02847222	20.37866667	Cozumel	12	15	10			10	25%	0%	75%	0%	67%	33%	13.4	15.5	11.5
3	101	20.44213889	87.00056111	Cozumel															
4	86	87.40805556	20.22527778	Tulum	16		10	36		1	6%	38%	56%				12.1	13.5	4.0
4	87	87.41972222	20.20361111	Tulum	10		9	23		1	0%	70%	30%				14.4	15.2	13.7
4	88	87.42833333	20.20583333	Tulum	6	54	4	4	3	26	0%	67%	33%	15%	43%	42%	3.0	3.2	2.0
4	89	87.435	20.1975	Tulum	5		3				20%	0%	80%				4.0	5.0	2.0
4	90	87.44944444	20.16611111	Tulum	4		5				25%	25%	50%				2.5	3.3	1.8
4	103	87.31380556	20.382	Akumal	14	2	11	16	1	9	29%	21%	50%	0%	100%	0%	15.5	18.6	14.3
4	104	87.30275	20.40172222	Akumal	19		15	23		3	16%	47%	37%				14.5	15.5	12.8
4	105	87.31380556	20.393	Akumal	7	30	7	2		23	0%	43%	57%	3%	57%	40%	1.3	2.0	0.9
4	106	87.33213889	20.35155556	Akumal	8	1	7	25			13%	13%	75%	0%	100%	0%	15.0	16.7	13.7
4	107	87.27463889	20.44177778	Akumal	12	1	8	23	1		17%	25%	58%	0%	100%	0%	13.0	14.3	3.6
4	108	87.30102778	20.40738889	Akumal	13		17	10			8%	25%	67%				7.1	8.7	6.4
5	64	87.42694444	19.88527778	Punta Allen	13		12	10		1	46%	8%	46%				4.2	5.0	3.0
5	66	87.43	19.88055556	Punta Allen	9	2	6	5		3	56%	11%	33%	50%	0%	50%	2.5	3.6	1.1
5	67	87.42583333	19.87638889	Punta Allen	2	1	4			4	50%	0%	50%	0%	0%	100%	1.8	2.0	1.5
5	68	87.43305556	19.865	Punta Allen	6	10	11		1	10	0%	33%	67%	10%	0%	90%	1.5	2.0	0.8
5	69	87.45361111	19.82666667	Punta Allen	9		10	5		9	11%	33%	56%				3.1	4.0	2.1

5	70	ND	ND	Punta Allen															
5	71	87.45916667	19.80972222	Punta Piedra	16		18	2	2	31%	31%	38%				1.7	2.1	1.2	
5	73	87.41583333	19.69722222	Punta Hierro	27	21	24	3	2	26%	26%	48%	57%	10%	33%	1.1	1.3	0.9	
5	74	87.44472222	19.79111111	Punta Allen	3	3	3			50%	0%	50%	0%	67%	33%	2.5	2.8	2.2	
5	75	ND	ND	Punta Allen	4		2	7	5	25%	25%	50%				9.9	10.6	9.4	
5	77	87.46277778	20.05138889	Punta Allen	4		4	10		0%	0%	100%				15.9	16.1	15.0	
5	78	87.46638889	20.05222222	Punta Allen	11		10	8	1	18%	9%	73%				7.2	7.8	6.8	
5	79	87.47027778	20.05055556	Punta Allen	8		12	6		0%	50%	50%				3.3	3.6	3.0	
5	80	87.47277778	20.03611111	Punta Allen	10	5	18	3	2	30%	40%	30%	0%	75%	25%	2.1	2.2	1.9	
5	81	87.47305556	20.03583333	Punta Allen	37		4			100%	0%	0%				1.9	2.1	1.8	
5	82	87.45083333	19.97972222	Punta Allen	1		2	5	1	0%	0%	100%				23.2	26.2	20.2	
5	83	87.45444444	19.985	Punta Allen	1			4	1	100%	0%	0%				18.6	19.4	17.8	
5	84	87.46083333	19.96694444	Punta Allen	5	7	8	1	5	40%	20%	40%	57%	14%	29%	1.6	1.8	1.5	
5	85	87.44555556	19.935	Punta Allen	3					100%	0%	0%					0.0	0.0	
5	91	ND	ND	Punta Allen	8		11	12	3	13%	25%	63%				12.0	12.3	11.3	
6	58	87.65305556	18.83638889	Mahahual Norte	11		14	1	4	36%	27%	36%				1.7	1.8	1.4	
6	59	87.63083333	18.90027778	Mahahual Norte	9	14	15	10	2	32	11%	67%	22%	36%	21%	43%	1.2	2.2	0.8
6	60	87.43611111	19.35694444	Punta Hierro	8		10	1		50%	0%	50%				1.6	2.2	1.2	
6	61	87.43027778	19.34416667	Punta Allen	2		2		21	0%	0%	100%				2.8	3.1	2.5	
6	62	87.44555556	19.36694444	Punta Allen	7		9	15		14%	29%	57%				5.4	5.7	5.3	
6	63	87.44055556	19.455	Punta Allen					12							1.4	2.3	1.0	
6	72	87.41305556	19.56277778	Punta Hierro	16		16		5	38%	13%	50%				1.5	1.9	1.2	
7	22	87.82666667	18.29305556	Xcalak	45	9	29	24	52	18%	51%	31%	0%	56%	44%	2.1	3.0	0.6	
7	23	87.82444444	18.29111111	Xcalak	12	1	4	2	11	25%	58%	17%	0%	100%	0%	2.7	2.7	2.4	
7	24	87.82972222	18.29222222	Xcalak	21	7	15	4	88	29%	14%	57%	0%	29%	71%	1.6	1.8	1.0	
7	27	87.79669444	18.34827778	Xcalak	4		3	3		0%	0%	100%				8.1	9.1	7.6	
7	28	ND	ND	Xcalak	12	8	5	11	1	44	17%	50%	33%	0%	63%	38%	1.7	1.9	1.4
7	29	ND	ND	Xcalak	33	33	13	22	1	44	12%	36%	52%	3%	67%	30%	1.7	1.9	1.4
7	30	18.29481667	87.82348333	Xcalak	6	1			5	33%	0%	67%	0%	0%	100%	1.0	1.0	1.0	
7	31	87.8336	18.22643333	Xcalak	51	21	19	15	35	33%	25%	41%	5%	52%	43%	1.8	2.2	1.1	

7	34	87.83063333	18.22716667	Xcalak	39	1	20	11		12	15%	21%	64%	0%	100%	0%	1.5	1.9	1.2
7	35	87.82166667	18.31527778	Xcalak	28	8	18	23		39	11%	32%	57%	13%	63%	25%	2.9	3.3	2.2
7	36	87.82493333	18.31518333	Xcalak	7	7	3	6		11	43%	43%	14%	0%	86%	14%	2.2	3.3	1.0
7	37	87.81993333	18.31076667	Xcalak	13	15	7	12	1	46	8%	38%	54%	33%	20%	47%	1.5	1.5	1.3
7	38	87.83583333	18.20666667	Xcalak	25	12	18	10	1	7	8%	20%	72%	17%	33%	50%	1.7	2.2	1.5
7	39	87.83361111	18.21222222	Xcalak	20	9	15	11	1	10	15%	25%	60%	11%	0%	89%	1.7	2.2	1.6
7	40	87.75638889	18.50305556	Xcalak	20	8	18	14		18	15%	45%	40%	0%	63%	38%	2.7	3.2	2.2
7	41	87.75361111	18.45722222	Xcalak	4		4	1			0%	0%	100%				1.7	1.8	1.4
7	42	87.75583333	18.44527778	Xcalak	11	4	5	5		5	18%	0%	82%	0%	50%	50%	2.1	2.6	2.0
7	43	87.76083333	18.42277778	Xcalak	35	28	22	21		50	20%	37%	43%	4%	32%	64%	1.7	1.7	0.9
7	45	87.7825	18.38583333	Xcalak	26	7	26	6		15	12%	23%	65%	14%	57%	29%	1.4	1.7	1.0
7	46	87.79083333	18.37305556	Xcalak	11	10	6	1		44	27%	55%	18%	60%	10%	30%	1.4	1.9	1.0
7	47	87.79833333	18.36083333	Xcalak	15	35	10	4		64	20%	40%	40%	17%	51%	31%	0.9	1.1	0.4
7	48	87.79611111	18.35888889	Xcalak	35	14	22	31	1	17	29%	31%	40%	0%	29%	71%	1.9	2.2	1.2
7	49	87.80111111	18.35055556	Xcalak	10	28	9	7	1	14	20%	30%	50%	7%	25%	68%	1.3	1.5	0.9
7	50	87.80305556	18.35111111	Xcalak	7	63	3	2		77	14%	43%	43%	14%	35%	51%	1.1	1.5	0.5
7	51	87.81527778	18.33083333	Xcalak	18	15	15	10	1	55	17%	22%	61%	7%	27%	67%	2.2	2.3	2.0
7	52	87.73833333	18.54055556	Mahahual	9		13	14		2	0%	22%	78%				6.8	8.3	5.3
7	53	87.73333333	18.55666667	Mahahual	6		10	13			17%	17%	67%				7.8	8.6	6.3
7	54	87.73055556	18.6175	Mahahual		47			1	43				13%	26%	62%	1.9	2.6	1.2
7	55	87.72444444	18.63694444	Mahahual	9		11	8			11%	11%	78%				2.2	3.0	1.5
7	56	87.71972222	18.66944444	Mahahual	5	11	8	2	4	21	20%	20%	60%	100%	0%	0%	2.6	3.0	2.1
7	57	87.71611111	18.68805556	Mahahual	16	26	7	32		70	13%	19%	69%	35%	31%	35%	2.1	2.5	1.7