



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**EL CORAL NEGRO *Antipathes galapagensis*
EN EL COMPLEJO INSULAR DE ESPÍRITU SANTO,
B.C.S., MÉXICO. ECOLOGÍA POBLACIONAL E
HISTORIA DE SU EXPLOTACIÓN**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Pesquerías)

p r e s e n t a

Biol. Mar. Mara A. Wills López

La Paz, B.C.S. Julio del 2008

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 11 horas del día 25 del Mes de Junio del 2008, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

“El Coral Negro *Antipathes galapagensis* en el complejo insular Espíritu Santo, B.C.S., México. Ecología Poblacional e Historia de su Pesquería”

Presentada por el alumno:

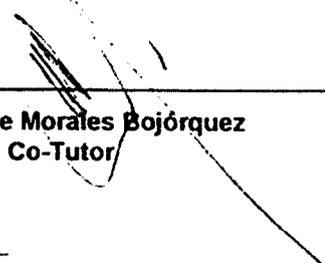
Mara Alejandra Wills López

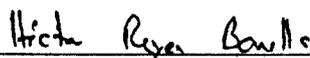
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Pesquerías

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

LA COMISION REVISORA


Dr. Leonardo Huato Soberanis
Director de Tesis


Dr. Enrique Morales Bojórquez
Co-Tutor


Dr. Hector Reyes Bonilla

Co-Tutor



DRA. THELMA ROSA CASTELLANOS CERVANTES,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL Y REVISOR DE TESIS

Dr. Leonardo Huato Soberanis

Director de Tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

La Paz, B.C.S., México

Dr. Hector Reyes Bonilla

Asesor

Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)

La Paz, B.C.S., México

Dr. Enrique Morales Bojórquez

Asesor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

La Paz, B.C.S., México

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dr. Leonardo Huato Soberanis

Dr. Hector Reyes Bonilla

Dr. Enrique Morales Bojórquez

Suplente: Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

RESUMEN

El coral negro es un recurso de gran valor comercial que se utiliza para la fabricación de joyería y artesanías. En el estado de Baja California Sur fue extraído sustancialmente entre las décadas de los 70's y 80's, pero debido a que su extracción no fue regulada existe un panorama de desinformación acerca del estado de sus bancos así como de la percepción de su mercado. En este trabajo se realizó una síntesis de la historia del mercado del coral negro, así como un análisis de la ecología poblacional de dos bancos localizados en el complejo insular del Espíritu Santo en la bahía de La Paz, B.C.S. México.

La historia de la cadena productiva del coral negro se determinó mediante entrevistas a los colectores, joyeros y comerciantes que estuvieron involucrados con la recolecta, procesado y venta del coral negro durante el auge de su pesquería. Los resultados indican que el municipio de Los Cabos tiene un mercado de gran poder adquisitivo y están interesados en la comercialización del coral negro con diseño, accesorios y terminados de alta calidad y alto precio. El municipio de La Paz presenta un mercado muy limitado para artículos de carácter rústico. En ambos municipios no se le considera con potencial para su comercialización a menos de que se ofrezca como un recurso sustentable y con acabados de alta calidad.

Para determinar el estado actual de las poblaciones naturales de coral negro, se llevaron a cabo estudios comparativos entre la estructura de tallas y densidad de colonias en el banco de La Partida y el banco del Bajo de La Catedral. Se analizaron las diferencias en función a la profundidad, estacionalidad y localidad. El banco de La Partida se caracterizó por tener las colonias de mayor tamaño, con alturas medias entre los 80 y 90 cm y con una densidad promedio de 0.41 colonias por m². Por otro lado el banco del Bajo de La Catedral se caracterizó por tener colonias de menor tamaño, con alturas medias entre los 50 y 60 cm, una densidad promedio de 0.75 colonias por m². Para explicar el comportamiento diferencial en cada banco se sugirieron dos hipótesis. La hipótesis 1 plantea que las diferencias son consecuencia de la calidad de hábitat, mientras que la hipótesis 2 plantea que son consecuencia de la edad de los bancos y el efecto de la regla del "self thinning".

También se estudió el crecimiento de las colonias de coral negro mediante técnicas de marcado y recaptura. Utilizando una extensión del método de Fabens, se estimaron los parámetros de crecimiento L_{∞} y K junto con sus perfiles de verosimilitud. Los valores estimados de L_{∞} y K para el banco de La Partida fueron de 168.4 cm y 0.54 respectivamente, con una tasa de crecimiento de 2.41 cm/mes. Para el banco del Bajo de La Catedral los valores de los parámetros fueron 156.0 cm y 0.05, con una tasa de crecimiento de 0.37 cm/mes. Las diferencias encontradas entre cada uno de los bancos refuerzan la hipótesis de que las características demográficas de los corales negros de la zona de muestreo pueden estar relacionadas con la calidad de hábitat que afecta de una manera diferencial a cada uno de los bancos.

Palabras Clave: Coral negro, ecología poblacional, mercado

ABSTRACT

Black coral is a resource of great commercial value, commonly used in jewelry and hand craft manufacturing. In the state of Baja California Sur, it was heavily exploited during the 1970's and 1980's, but since that activity wasn't regulated, a lack of information predominates today about the real situation of its banks and the market worth. In this work we made a synthesis about the black coral market's history, and an analysis about the population ecology of two banks located in the Espiritu Santo insular complex of La Paz bay, B.C.S., Mexico.

The productive chain history was determined through the results of interviews with black coral fishermen, jeweler, and retailers, who were involved on the black coral extraction, manufacturing, and sales, during the preeminence of its fishery. The results show that Los Cabos municipality has a greater power of market of acquisition, where salesmen are interested on high quality, high price, designed pieces of black coral. On the other hand, the municipality of La Paz presents a limited market for rustic style black coral pieces. In both municipalities the potential of black coral commercialization will be dependent on offering the products as sustainable resources with high quality details.

In order to determine the actual state of the black coral populations, comparisons were made among size structures and densities between the black corals banks of La Partida and El Bajo de La Catedral. The differences were analyzed in function of depth, season and location. The bank of La Partida had the biggest black coral colonies with a mean length that ranged between 80 and 90 cm, and by an average density of 0.41 colonies per m². On the other hand, the bank of El Bajo de La Catedral was characterized for having smaller colonies with a mean length that ranged between 50 and 60 cm, and by an average density of 0.75 colonies per m². In order to explain these differences two hypothesis were suggested; the first one enunciated that the differences are caused by the differential habitat quality on each bank, while the second enunciated that the differences are caused by the age that leads to a differential effect of the self-thinning rule on each bank.

The growth of the black coral colonies was studied using mark and recapture techniques. An extension of Faben's method was carried out for growth parameters L_{∞} and K estimation, and likelihood profile construction. The estimated values for L_{∞} and K were 168.4 cm and 0.5, for La Partida bank and 156.0 cm and 0.05 cm for El Bajo de La Catedral bank. The average growth rates of each bank were respectively 2.41 cm/month and 0.37 cm/month. The differences between each bank reinforce the hypothesis that the black coral demographic characters are related to the habitat quality, that affects in a differential way each one of the banks that were studied in La Paz bay.

Key words: Black coral, population ecology, market

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a estas personas, que me apoyaron desde el principio y permitieron que este sueño se hiciera realidad.

- **Toto**, su historia, sus conocimientos, sus bosques de coral negro y toda su ayuda en el campo; sin él, esto no hubiera sido posible.
- **Leonardo**, por haber creído en mí y en este proyecto desde el principio. Por toda su paciencia, dedicación y apoyo.
- **Adriana**, por haber sido mi maestra de vida.
- **Diego**, por estar siempre conmigo, amarme y haberme apoyado en todo momento.
- **Camilo y Titina**, por el apoyo incondicional que me han dado durante toda mi vida.
- **Mi Mamaita**, por ese amor incondicional y favoritismo.
- **Nico**, porque te adoro.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco los apoyos otorgados por parte del CONACyT y Posgrado.
- A PADI AWARE por el financiamiento otorgado para comenzar a explorar los bancos de coral negro.
- A todos mis compañeros de campo: Andrés, Aracely, Cocho, Chunga, Greñas, Pablo, Romeo, Saul, Tetey, Vero....sin ustedes no hubiera podido llevar a cabo todo el trabajo de campo, especialmente en invierno, con el agua helada!
- A mis compañeros y maestros de maestría.
- A Osvelia, Betty, Letty, Clau y Thelma, por su paciencia y amabilidad.
- A mis asesores, Hector y Enrique, por su tiempo y dedicación.
- Al Dr. Balart por haber accedido en ser suplente el día del examen.
- A Leonardo, por su apoyo, tiempo, dedicación y enseñanzas de todo tipo.
- Ratica, Nena, Julia, Ann, Mamaita, Toto, Fernando, Alvaro y familias, porque a pesar de la distancia, han estado presentes en cada momento.
- Al Toto y Marilú, por ser como una familia, abrirme su casa y compartir el coral negro conmigo.
- A Diego, por su ayuda, comprensión y apoyo en este proceso.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. BIOLOGÍA DEL CORAL NEGRO	3
2.2. HISTORIA DE EXTRACCIÓN DEL CORAL NEGRO	5
2.3. ÁREA DE ESTUDIO	7
3. OBJETIVOS Y METAS	12
3.1. OBJETIVO GENERAL	12
3.2. OBJETIVOS PARTICULARES	12
3.3. METAS ESPECÍFICAS	12
4. ENTREVISTAS	14
4.1. MÉTODOS	14
4.1.1. ENTREVISTA CON EX COLECTORES DE CORAL NEGRO	14
4.1.2. ENTREVISTAS CON ARTESANOS Y JOYEROS	15
4.1.3. ENTREVISTAS CON COMERCIANTES	16
4.1.4. ENTREVISTAS CON PRESTADORES DE SERVICIO DE BUCEO	16
4.2. RESULTADOS	17
4.2.1. ENTREVISTAS CON COLECTORES DE CORAL NEGRO	17
4.2.2. ENTREVISTAS CON JOYEROS DE CORAL NEGRO	20
4.2.3. ENTREVISTAS CON COMERCIANTES DE CORAL NEGRO	22
4.2.3.1. CIUDAD DE LA PAZ	22
4.2.3.2. CIUDAD DE CABO SAN LUCAS	24
4.2.3.3. CIUDAD DE SAN JOSÉ DEL CABO	27
4.2.4. ENTREVISTAS CON PRESTADORES DE SERVICIO DE BUCEO	30
4.3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	33
5. DISTRIBUCION, IDENTIFICACION, DENSIDAD Y ESTRUCTURA DE TALLAS	38
5.1. INTRODUCCIÓN	38
5.2. MÉTODOS	39
5.2.1. PROSPECCIÓN DE BANCOS DE CORAL NEGRO	39
5.2.2. DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS Y DENSIDAD DE 2 BANCOS DE CORAL NEGRO	41
5.2.3. DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS COLONIAS DE CORAL NEGRO	42
5.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	43
5.3. RESULTADOS	44
5.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS	44
5.3.2. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	45
5.3.3. ESTRUCTURA DE TALLAS	48
5.3.3.1. VARIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS EN FUNCIÓN A LA PROFUNDIDAD	49
5.3.3.2. VARIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS EN FUNCIÓN A LA ESTACIONALIDAD	53
5.3.3.3. VARIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS EN FUNCIÓN A LA LOCALIDAD	58
5.3.4. DENSIDAD	59
5.3.4.1. VARIACIÓN DE LA DENSIDAD DE LAS COLONIAS EN FUNCIÓN DE LA LOCALIDAD	61
5.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
6. PATRONES CRECIMIENTO	71
6.1. INTRODUCCIÓN	71

6.2. MÉTODOS	73
6.2.1. MARCADO-RECAPTURA	73
6.2.1.1. PROCEDIMIENTO DE MARCADO.....	74
6.2.2. MÉTODO DE FABENS	76
6.2.2.1. CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE.....	79
6.3. RESULTADOS	80
6.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	86
7. CONCLUSIONES	93
8. LITERATURA CITADA.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de Estudio: Complejo insular Espíritu Santo.	8
Figura 2. Periodos de tiempo de mayor comercialización de artículos de coral negro en la ciudad de La Paz.	22
Figura 3. Lugar de origen de los artículos de coral negro comercializados en la ciudad de La Paz (A) y facilidad adquisición por parte de los comerciantes (B).	23
Figura 4. Nacionalidad de los principales compradores de coral negro (A) y presentaciones de mayor demanda de artículos de coral negro en la ciudad de La Paz (B)	23
Figura 5. Factores determinantes del costo final de los artículos de coral negro (A) y costo promedio de los mismos en la ciudad de La Paz.	23
Figura 6. Principales razones por las que se dejó de comercializar el coral negro en la ciudad de La Paz.	24
Figura 7. Periodos de tiempo de mayor comercialización de artículos de coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas.	25
Figura 8. Lugar de origen de los artículos de coral negro comercializados en la ciudad de Cabo San Lucas (A) y facilidad de adquisición por parte de los comerciantes (B).	25
Figura 9. Costo promedio de los artículos de coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas (A) y factores determinantes del costo final de los mismos (B).	26
Figura 10. Nacionalidad de los principales compradores de coral negro (A) y presentaciones de mayor demanda de artículos de coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas (B).	26
Figura 11. Principales razones por las que se dejó de comercializar el coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas.	27
Figura 12. Periodos de tiempo de mayor comercialización de artículos de coral negro en la ciudad de San José del Cabo.	28
Figura 13. Lugar de origen de los artículos de coral negro comercializados en la ciudad de San José del Cabo (A) y facilidad o periodicidad de adquisición por parte de los comerciantes (B).	29
Figura 14. Nacionalidad de los principales compradores de coral negro (A) y presentaciones de mayor demanda de artículos de coral negro en la ciudad de San José del Cabo(B).	29
Figura 15. Costo promedio de los artículos de coral negro en la ciudad de San José del Cabo (A) y factores determinantes del costo final de los mismos (B).	30
Figura 16. Principales razones por las que se dejó de comercializar el coral negro en la ciudad de San José del Cabo.	30
Figura 17. Densidades de coral negro observadas por prestadores de servicio de buceo.	31
Figura 18. Puntos de avistamiento de colonias o bancos de coral negro, reportados por prestadores de servicio de buceo alrededor del complejo insular Espíritu Santo.	32
Figura 19. Opiniones de algunos prestadores de servicio de buceo en la ciudad de La Paz, respecto al establecimiento de los Bancos de coral negro como atractivo turístico de buceo.	33
Figura 20. Sitios de muestreo de bancos de coral negro. Las zonas muestreadas están marcadas como 1 y 2.	40
Figura 21. Colonia de la especie <i>Antipathes galapagensis</i> (Fotografía tomada en el banco de La Partida por Mara Wills).	47
Figura 22. A. Pólipos de <i>A. galapagensis</i> (Fotografía tomada por Mara Wills); B. Espículas de <i>A. galapagensis</i> (Fotografía por cortesía del Dr. Opresko)	47
Figura 23. Histogramas de la estructura de tallas de las colonias de coral negro muestreadas en el banco de La Partida.	48
Figura 24. Histogramas de la estructura de tallas de las colonias de coral negro muestreadas en el banco del Bajo de La Catedral.	49
Figura 25. Estructura de tallas promedio de colonias vivas de coral negro a las tres profundidades muestreadas en el banco de La Partida.	50
Figura 26. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas promedio de cada profundidad muestreada en el banco de La Partida.	51
Figura 27. Estructura de tallas promedio de colonias vivas de coral negro a las dos profundidades muestreadas en el banco del Bajo de La Catedral.	52

Figura 28. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas promedio de cada profundidad muestreada en el banco del Bajo de La Catedral.	53
Figura 29. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas en cada profundidad muestreada en tres temporadas del año en el banco de La Partida. A) 35 metros. B) 30 metros C) 27 metros.	54
Figura 30. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas en cada profundidad muestreada en tres temporadas del año en el banco del Bajo de La Catedral. A) 27 metros. B) 19 metros.	58
Figura 31. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas promedio de las colonias de coral negro en el Banco de La Partida y el Banco del Bajo de La Catedral.	59
Figura 32. Gráfica de caja de las densidades obtenidas en los muestreos realizados en el banco de La Partida y el banco del Bajo de La Catedral.	62
Figura 33. Medida de Altura Máxima.	75
Figura 34. Cambio en la altura máxima de las colonias a lo largo de diferentes periodos de marcado y recaptura. A) Banco de La Partida; B) Banco del Bajo de La Catedral.	81
Figura 35. Perfiles de verosimilitud de los parámetros L_{∞} y K estimados para el banco de La Partida, donde se asume que la desviación de los residuales sigue una función constante (A), σ Proporcional a ΔL_{esp} (B), Log normal (C) y potencial (D). La línea sólida representa el perfil de verosimilitud y la línea punteada la probabilidad χ^2 donde $\alpha=0.05$	83
Figura 36. Perfiles de verosimilitud de los parámetros L_{∞} y K estimados para el banco del Bajo de La Catedral, donde se asume que la desviación de los residuales sigue una función constante (A), σ Proporcional a ΔL_{esp} (B), Log normal (C) y potencial (D). La línea sólida representa el perfil de verosimilitud y la línea punteada la probabilidad χ^2 donde $\alpha=0.05$	85
Figura 37. Representación gráfica del ajuste del mejor modelo a partir de AIC para cada banco.	86
Figura 38. Colonia de coral negro encontrada en un muelle.	89

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas del banco de La Partida comparadas en función a la profundidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.....	51
Tabla II. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 35 metros en el banco de La Partida comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.	54
Tabla III. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 30 metros en el banco de La Partida comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.	55
Tabla IV. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 27 metros en el banco de La Partida comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.	56
Tabla V. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 27 metros en el banco de del Bajo de La Catedral, comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.	56
Tabla VI. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 19 metros en el banco de del Bajo de La Catedral, comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.	57
Tabla VII. Densidad de colonias de coral negro obtenidas en todas los transectos realizados a 35, 30 y 27 metros de profundidad durante Noviembre, 2006; Julio, 2007; y Enero 2008, en el banco de La Partida.	60
Tabla VIII. Densidad promedio de colonias de coral negro por profundidad y/o fecha de muestreo en el banco de La Partida. Las mayores densidades se presentan en negritas.....	60
Tabla IX. Densidad de colonias de coral negro obtenidas en todas los transectos realizados a 27 y 19 metros de profundidad durante Diciembre, 2006; Julio, 2007; y Enero 2008, en banco del Bajo de La Catedral.....	61
Tabla X. Densidad promedio de colonias de coral negro por profundidad y/o fecha de muestreo en el banco del Bajo de La Catedral. Las mayores densidades se presentan en negritas.....	61
Tabla XI. Densidades de poblaciones de coral negro reportadas en diferentes partes del mundo.....	63
Tabla XII. Parámetros estimados y el valor de la verosimilitud para los cuatro casos analizados para el banco de coral negro de La Partida.....	82
Tabla XIII. Intervalos de confianza a partir de los perfiles de la Log-verosimilitud negativa ($\alpha < 0.05$), para los parámetros L_{∞} y K de cada caso analizado.	82
Tabla XIV. Selección del mejor caso para el banco de La Partida, utilizando el Criterio de Información de Akaike (AIC). El caso que presenta el menor valor de AIC se presenta en negrillas.....	84
Tabla XV. Parámetros estimados y el valor de la verosimilitud para cuatro casos analizados para el banco de coral negro del Bajo de La Catedral.	84
Tabla XVI. Intervalos de confianza generados a partir de los perfiles de la log-verosimilitud negativa ($\alpha < 0.05$), para los parámetros L_{∞} y K , en cada uno de los casos analizados para el banco de coral negro del Bajo de La Catedral.	84
Tabla XVII. Selección del mejor caso del Método de Fabens para el Banco de La Catedral, utilizando el Criterio de Información de Akaike (AIC). El menor valor de AIC se presenta en negrillas.....	86
Tabla XVIII. Tasas de crecimiento de diferentes especies de coral negro reportadas en la literatura.	88

1. INTRODUCCION

El coral negro es un recurso de gran valor comercial que se utiliza para la fabricación de joyerías y artesanías. En México, el coral negro ha sido extraído principalmente en el estado de Quintana Roo, donde actualmente se encuentra sobreexplotado (Padilla-Souza, 1998) y en el estado de Baja California Sur en donde la pesquería se colapsó por completo debido a la sobreexplotación del recurso en la década de los 1980's. Tanto en Quintana Roo como en Baja California Sur, no se realizaron estudios sobre el estado de las poblaciones de coral negro durante el auge de la pesquería, perdiéndose así la oportunidad de determinar la respuesta de dichas poblaciones a la explotación, por lo cual, tampoco se implementaron estrategias de explotación basadas en estudios científicos para la administración del recurso.

Actualmente en Baja California Sur, el coral negro no se captura y existe un desconocimiento total sobre el estado actual de sus poblaciones, a grado tal de que no se sabe con certeza cuales son las especies de interés comercial que se agrupan bajo el nombre común de coral negro y que se encuentran en la región. Han transcurrido aproximadamente 25 años desde que dejó de explotarse el coral negro en la bahía de La Paz, que fue la principal zona de explotación de coral negro en el estado. Observaciones informales recientes realizadas con financiamiento de Padi Aware, indican que las antiguas áreas de captura han sido recolonizadas y en algunos bancos existen colonias que superan los 150 cm de altura (Datos no publicados). Por lo que se supone que es sólo cuestión de tiempo para que este recurso vuelva a ser explotado.

Esta situación ha motivado a desarrollar una investigación sobre los parámetros poblacionales básicos requeridos para el adecuado manejo de este recurso. Particularmente con un enfoque sobre los patrones de crecimiento de las colonias, su

densidad y estructura de tallas. Esta información puede ser usada como base de referencia si la captura de este recurso se reactiva.

Debido a que la zona de muestreo se ubica dentro del área marina del parque nacional Archipiélago de Espíritu Santo, en el Golfo de California, por lo que todos los métodos utilizados para el estudio de los corales negros fueron de carácter no extractivo.

2. ANTECEDENTES

2.1. Biología del Coral Negro

Los corales negros son corales ahermatípicos (Phylum Cnidaria; clase Anthozoa; subclase Cerianthipatharia; orden Antipatharia) que se distribuyen en forma cosmopolita en las regiones tropicales y son un componente importante de la fauna béntica en las áreas de arrecifes rocosos y calcáreos en donde habitan. Por lo general se encuentran entre los 20 y 100 metros de profundidad, en sustratos rocosos o coralinos, con bajos niveles de luminosidad y sedimentación, así como de corrientes moderadas (Montgomery, 2002). Presentan tasas de crecimiento y reclutamiento lentas, maduración sexual tardía y forman agregaciones locales denominadas bancos, atributos que los hacen vulnerables a la sobreexplotación en áreas accesibles a los pescadores (Grigg, 1993, 2001; Padilla-Souza, 1998). Sin embargo, debido a su inaccesibilidad batimétrica son uno de los grupos de cnidarios menos estudiados (Parker *et al.*, 1997). Es por esto que sólo el extremo más somero de su rango de distribución batimétrica (20-40 metros) es accesible para ser estudiado, utilizando el buceo autónomo como herramienta de observación y muestreo (Padilla-Souza, 1998).

El nombre común de coral negro agrupa a varias especies que tienen un amplio y activo mercado en la fabricación de joyerías y artesanías, debido a lo cual se le confiere valor comercial. Especies tales como *Antipathes grandis*, *A. dichotoma*, *A. galapagensis*, entre otros, alcanzan los tamaños requeridos para la elaboración de joyas y artesanías. El valor de estas joyas está determinado no solo por los riesgos asociados con la profundidad a la que se tiene que bucear para extraer las colonias, sino también

por el tamaño y grosor de las piezas, así como por la habilidad artística del artesano que las transforma (Humann, 1998 en Padilla-Souza, 1998; Grigg, 2004).

Los corales negros adquieren su nombre común debido a la composición y coloración de su esqueleto, que es un material protéico secretado por los pólipos que integran las colonias. Este material es de una dureza considerable y se deposita en capas concéntricas, atributos que permiten que sea usado para la confección de joyería (Padilla-Souza, 1998).

De acuerdo con Grange (1985), el crecimiento de las colonias de coral negro se da por medio de un proceso de gemación de los pólipos individuales, que forman una corteza alrededor de la parte exterior del esqueleto. Durante los periodos de crecimiento acelerado, los pólipos secretan más esqueleto, de tal forma que se generan anillos de crecimiento dentro de su estructura. Algunos autores sugieren que estos anillos son anuales y por ende pueden ser utilizados para determinar la edad de los corales negros (Grigg, 1976; Grange, 1985). Sin embargo, la información acerca de la periodicidad de los anillos de crecimiento en corales blandos, actualmente es muy contradictoria, encontrándose evidencia tanto de una posible periodicidad anual, hasta una alta complejidad estructural que impide determinar si existe periodicidad temporal (Padilla-Souza, 1998; Orejas *et al.*, 2000). Aunado a lo anterior, para poder llevar a cabo estudios de periodicidad de los anillos de crecimiento que tengan una validez estadística, es fundamental la extracción de colonias vivas de varios tamaños, para tener una muestra significativa de todas las posibles edades que hay en la población.

2.2. Historia de extracción del coral negro

El coral negro ha sido extraído comercialmente en varias localidades alrededor del mundo, dentro de las que se incluyen Hawai, Tonga, Ecuador y México. Con la excepción de Hawai, las poblaciones de aguas someras accesibles a los equipos de buceo comercial han sido agotadas por la sobreexplotación (Montgomery, 2002) y se considera que las poblaciones no han sido erradicadas en su totalidad debido a que una fracción de la población queda fuera del alcance batimétrico de los equipos de buceo que se usan para su extracción (Parker *et al.*, 1997).

Como resultado de la sobreexplotación, 128 especies de la familia Antipathidae de los géneros *Antipathes*, *Allopathes*, *Cirripathes*, *Hillopathes*, *Pteropathes*, *Stichopathes* y *Tylopathes*, han sido incluidas dentro de la Unión Internacional para la Conservación (IUCN), así como en el Apéndice 2 de Convenio sobre el comercio de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES), en donde se indica que estas especies se encuentran en riesgo y deben tomarse medidas administrativas para evitarlo (Montgomery, 2002; UNEP-WCMC, 2006).

En México tres especies de coral negro (*Antipathes grandis*, *A. dichotoma* y *A. ulex*) están sujetas a protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 (Protección Ambiental - Especies de Flora y Fauna Silvestres de México - Categorías de riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de especies en Riesgo). De acuerdo con Padilla-Souza (1998), estas especies no se distribuyen en aguas mexicanas y por ello se ha propuesto su exclusión de la NOM. Actualmente no se ha establecido con seguridad la identidad taxonómica de las especies que se capturan en México, lo cual es consecuencia del notable desconocimiento de su biología y ecología. Los pocos estudios que existen acerca del

coral negro, describen de manera muy general la pesquería o están enfocados a aspectos socioeconómicos.

En México las poblaciones de coral negro han sido extraídas en los arrecifes de los estados de Quintana Roo y Baja California Sur y en ambos estados las poblaciones han sido sobreexplotadas. En Quintana Roo Padilla-Souza (1998) reporta que las primeras estadísticas datan de 1974, aunque la extracción se ha llevado a cabo desde 1960 (Kenyon, 1984 en Padilla-Souza, 1998). También indica que la reglamentación en la explotación de este recurso se ha basado en asignaciones de cuota de captura y talla mínima de captura, aunque estas han sido cambiadas con frecuencia obedeciendo más a la demanda de los pescadores que a un conocimiento del potencial del recurso, lo cual ha ocasionando el agotamiento de los bancos explotados. A pesar de esto, la gran demanda del producto ha motivado a los pescadores buscar bancos a mayores profundidades. Por ello, Padilla-Souza (1998) concluye que el problema principal que ha afectado esta pesquería ha sido el manejo inadecuado, fundamentado en la inexistencia de soporte científico para la regulación de la misma.

Para Baja California Sur no existen trabajos científicos publicados acerca de la pesquería del coral negro a pesar de haber sido extraído sustancialmente desde 1960 hasta aproximadamente 1980. Esto fue consecuencia de que la extracción de coral negro fue realizada por unos pocos pescadores que fueron descubriendo y explotando los bancos existentes cercanos a la ciudad de La Paz, San José del Cabo y Cabo San Lucas y por esto la actividad no fue sujeta a regulación alguna. Todos los bancos comercialmente accesibles fueron sobreexplotados, lo cual llevó al colapso de la pesquería al inicio de la década de los ochentas.

Por lo tanto, ahora es el momento ideal para evaluar la distribución, abundancia y estructura de sus poblaciones, así como de estudiar aspectos básicos de su ecología y dinámica poblacional que nos permitan diseñar estrategias óptimas de captura orientadas a minimizar la probabilidad de sobreexplotación de esta pesquería en la bahía de La Paz, B. C. S., como ocurrió en el pasado.

2.3. Área de Estudio

La zona de interés para este estudio se localiza dentro del complejo insular Espíritu Santo (fig. 1). Este complejo se localiza en el Golfo de California entre los 24° 24' y los 24° 36' Latitud Norte y los 110° 18' y los 110° 27' de Longitud Oeste, delimitando la parte oriental de la Bahía de La Paz, en el Estado de Baja California Sur. Está conformado por las islas Espíritu Santo y La Partida, así como una serie de islotes, que en su mayoría son de origen volcánico. De acuerdo a los reportes de Aburto-Oropeza y Balart (2001) en la franja infralitoral de uno de estos islotes, denominado Los Islotes se presentan cuatro ambientes diferentes; el de grandes rocas, de coral negro, de rodolitos y paredes o bordes (CONANP, 2006).



Figura 1. Área de Estudio: Complejo insular Espíritu Santo.

La Isla Espíritu Santo e Isla Partida cubren un área de 99 Km. y se localizan a 28 kilómetros al noreste de la ciudad de La Paz, B.C.S. Este complejo insular es una prolongación de la península de Pichilingue y se separa de esta por el canal de San

Lorenzo. A distancias variables del complejo se encuentra una terraza insular entre los 80 y 100 metros de profundidad. En la costa oriental, los perfiles son más pronunciados y la terraza es más corta, presentándose bordes escarpados y una sola playa arenosa. En contraste, en la costa occidental los litorales presentan pendientes suaves y la terraza insular es más larga. Así mismo, la línea infralitoral se caracteriza por presentar una cobertura rocosa, inclusive con bloques mayores a 20 metros, junto con varias bahías, ensenadas y caletas con playas arenosas. La mayoría de estas playas están relativamente bien protegidas de los vientos del Norte, tienen oleaje de baja energía y presentan rangos de micromareas, por lo cual se considera que tienen una mayor estabilidad (CONANP, 2006).

Dentro de la bahía de La Paz Jiménez-Illescas *et al.*(1997 en CONANP, 2006), reportan un patrón de circulación dominado por una corriente fuerte que corre paralela a la costa occidental. A su vez, las corrientes litorales son mayores en el canal de San Lorenzo, las cuales provocan un forzamiento de la masa de agua que circula por éste. Las velocidades normales dentro del canal alcanzan los 70 cm/s. Estas masas de agua y en general, las masas de agua de la bahía se impulsan por medio de la marea y de los vientos. Mientras que la marea genera un máximo de transporte en la zona norte de los islotes, el viento puede llegar a generar corrientes más intensas que la marea y dominar el patrón de circulación en la parte interna de la bahía. Las corrientes impulsadas por el viento son un mecanismo de renovación del agua superficial que es acarreada fuera de la bahía (CONANP, 2006).

Estudios realizados en el CICIMAR de mayo a junio de 1999 (CICIMAR, 2000 en CONANP, 2006), demostraron que la velocidad de la corriente es 30% mayor en la zona superficial (hasta 2 metros de profundidad) que a una profundidad de 20 metros.

La velocidad extrema registrada fue de 58 cm/s mientras que las velocidades en superficie tuvieron un promedio de entre 6 y 8 cm/s y a 10 m de profundidad entre 25 y 50 cm/s. La corriente cerca de la superficie fue hacia el nor-noroeste y presentó una velocidad de 10 cm/s. Cabe mencionar que en esta temporada la dirección de la corriente fue de sur-norte y prácticamente paralela a la orientación de la línea de costa occidental del complejo insular (CONANP, 2006).

De acuerdo con Brinton *et al.* (1986 en CONANP, 2006), el Golfo de California se caracteriza por ser una región altamente productiva e influenciada por corrientes, mareas, viento, radiación solar, donde las temperaturas en la zona sur del Golfo oscilan entre 20° C y 30° C. Reyes-Salinas *et al.* (2003 en CONANP, 2006) consideran que la bahía de La Paz es uno de los cuerpos más productivos de la costa oriental del Golfo de California. Estacionalmente, esta productividad presenta una variación directamente relacionada con la columna de agua o la estratificación. Esta última está determinada por el flujo de calor proveniente de la radiación solar. Durante el verano las capas superficiales ganan calor, mientras que en el invierno sucede lo contrario. Esta pérdida de calor durante el invierno produce una dinámica de convección vertical que genera la homogenización y fertilización de la columna de agua. Durante un estudio anual se determinó que los valores de productividad primaria en la bahía de La Paz presentaron su valor máximo durante el mes de Marzo ($16 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) y un decrecimiento hacia el mínimo que se presentó en el mes de Septiembre ($2 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$), para posteriormente incrementarse nuevamente (CONANP, 2006).

El 10 de Mayo de 2007, el Diario Oficial de la Federación, publicó el DECRETO por el que se declaró Área Natural Protegida, con la categoría de Parque Nacional exclusivamente la zona marina del Archipiélago de Espíritu Santo, ubicado en el Golfo

de California, frente a las costas del Municipio de La Paz, Baja California Sur. Regulando las actividades a llevar a cabo, permitiendo sólo aquellas que se relacionan con la preservación de los ecosistemas acuáticos, la investigación, repoblación, recreación, educación ambiental y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (DOF, 2007).

3. OBJETIVOS Y METAS

3.1. Objetivo General

- Determinar la distribución, abundancia y demografía de las especies de coral negro de interés comercial localizadas en el complejo insular del Espíritu Santo en la bahía de La Paz, Baja California Sur, México.

3.2. Objetivos Particulares

- Describir la historia de la pesquería de coral negro en los municipios de La Paz y Los Cabos.
- Ubicar los bancos que fueron sujetos a explotación comercial de coral negro en el complejo insular del Espíritu Santo, así como establecer zonas de estudio y monitoreo.
- Identificar las especies de coral negro de interés comercial que habitan en las zonas de estudio en la bahía de La Paz.
- Cuantificar la abundancia y estructura de tallas por especie en los bancos adyacentes al complejo insular del Espíritu Santo.
- Estimar los patrones de crecimiento bajo condiciones de no explotación de aquellas especies de coral negro que tengan potencial comercial.

3.3. Metas Específicas

- Llevar a cabo entrevistas con extractores del recurso, artesanos y joyeros, con el fin de determinar el pasado de la pesquería y los usos actuales del coral negro en Baja California Sur.

- Estimación de la densidad y estructura de tallas de las colonias de coral negro de interés comercial en los dos bancos seleccionados del complejo insular de Espiritu Santo-La Partida.
- Estimación de tasas de crecimiento mediante marcado y recaptura.
- Estimación de parámetros de crecimiento mediante el método de Fabens.

4. ENTREVISTAS

En consecuencia de que actualmente no existe una pesquería activa de coral negro, fue necesario indagar en el pasado de esta actividad con el fin de determinar por un lado la localización de los bancos, así como la historia de la pesquería, las perspectivas de quienes participaron en ella, el estado actual de los bancos de coral negro y la presencia de mercado de este recurso en las ciudades de mayor afluencia turística de la zona sur del estado de Baja California Sur. Para esto, se llevaron a cabo entrevistas con diversos sectores que estuvieron involucrados con el recurso de coral negro durante su auge de explotación, así como los que actualmente lo manufacturan y/o comercializan. Como complemento se entrevistó a los prestadores de servicios turísticos de buceo acerca de la incidencia de coral negro en los lugares que comúnmente visitan, así como de la posibilidad de implementarlos como un atractivo turístico de buceo.

4.1. Métodos

4.1.1. Entrevista con ex colectores de coral negro

Debido a que los colectores de coral negro no se encuentran activos actualmente, las preguntas de la entrevista estuvieron relacionadas con sus recuerdos pasados acerca de su actividad en esta pesquería. Para esto se localizaron y visitaron ex colectores de coral negro residentes de la ciudad de La Paz a quienes se les preguntó acerca de los siguientes temas:

- Tipo de coral negro que colectaban
- Cantidad de especies (o morfologías diferentes)
- Preferencia por alguna de las especies

- Localización de los lugares de colecta de coral negro
- Abundancia de lugares de colecta
- Métodos de colecta: técnicas y herramientas empleadas
- Tamaño de organismos extraídos
- Costo, esfuerzo y ganancia por colecta (precio por kilo)
- Demanda del producto
- Porciones del esqueleto de mayor demanda (e.g. ramas, tronco, base)
- Presentación del producto que vendían
- Peor y mejor año de captura
- Fecha de salida de la pesquería
- Razones por las que dejaron de colectarlo

4.1.2. Entrevistas con Artesanos y Joyeros

Se realizaron visitas a diferentes localidades del municipio de los Cabos y del municipio de La Paz en busca de joyeros o artesanos que trabajan actualmente o trabajaron con el coral negro. Las entrevistas realizadas tocaron los temas siguientes:

- Procedencia del coral negro
- Costo del producto
- Estado del producto al comprarlo
- Tipo de herramientas para procesarlo
- Porcentaje de uso y de desperdicio a partir de la materia prima (diámetros, tamaños comerciales y precio)
- Precio de venta
- Preferencia de productos por parte de los comerciantes

- Tipo de comerciantes que los compraban (hacia que mercado lo enfocaban y que costos y beneficios implica esto)
- Razones por las que dejaron de trabajar el coral negro (si aplica)

4.1.3. Entrevistas con Comerciantes

Con el fin de determinar si hay un comercio activo de coral negro, se realizaron visitas a joyerías y tiendas de artesanías localizadas en la ciudad de La Paz, San José del Cabo y Cabo San Lucas. Estas localidades fueron seleccionadas debido a la gran afluencia turística que presentan en la zona sur del estado. En las tiendas en donde no se comercializa actualmente se preguntó si existía demanda de coral negro por parte del turismo y si lo habían comercializado en el pasado. De aplicar esto, se les llevó a cabo la entrevista como a las demás tiendas que lo comercializan. Los temas de la entrevista se presentan a continuación.

- Costo del producto
- Constancia del producto
- Demanda del producto por parte del turismo
- Preferencias en la presentación del producto
- Precio de venta al público
- Rentabilidad de este tipo de producto
- Razones por las que dejaron de comercializarlo (si aplica)

4.1.4. Entrevistas con Prestadores de Servicio de Buceo

Se llevaron a cabo entrevistas con prestadores de servicio de buceo de las agencias localizadas en la ciudad de La Paz, con la finalidad de establecer zonas de presencia de

coral negro, así como estimaciones de las densidades de las colonias o bancos visitados por guías de buceo. Así mismo, para complementar, también se les preguntó su opinión personal sobre la posibilidad de establecer los bancos como un atractivo de buceo. Los temas de la entrevista se presentan a continuación,

- Conocimiento o identificación del coral negro
- Localización de los lugares donde hayan visto corales negros
- Tamaño y abundancia las colonias en estos lugares
- Interés y/o conocimiento de los turistas frente al coral negro
- Posibilidad de convertir a los Bancos de coral negro en atractivos de buceo

4.2. Resultados

4.2.1. Entrevistas con Colectores de Coral Negro

No fue posible encontrar colectores de coral negro que sigan adquiriendo el recurso en la actualidad, sino sólo aquellos que trabajaron con éste en el pasado. Dentro de los cuales sólo fue posible contactar a 2 ex colectores de este recurso; el señor Sergio Niño Rivera y el señor Rafael Ruvalcaba Plascencia.

Hace más de 25 años Sergio Niño de Rivera, mejor conocido como “el Toto” participó activamente en la colecta de coral negro en las zonas aledañas a la ciudad de La Paz, específicamente en la isla Espíritu Santo y la isla San José, donde se ubicaban los bancos más abundantes y de mayor cercanía a la ciudad capital. En estas zonas colectaba dos tipos de coral negro comúnmente llamados el amarillo y el café, denominados así por el color de sus pólipos. El amarillo se caracterizaba por presentar un esqueleto de color negro azabache y por ser más fácil de manipular. Por otro lado el

coral del tipo café se caracterizaba por tener vetas cafés en su esqueleto y ser ideal para tallar figuritas, debido a presentar tallos de mayor grosor que el coral amarillo.

Para coleccionar el coral negro el Toto y sus ayudantes, se sumergían utilizando equipo de buceo autónomo a una profundidad máxima de 45 metros para extraer colonias cuya base midiera más de 2 cm de diámetro (colonias de menor diámetro no tenían demanda en el mercado). Para esto utilizaban tanto colonias muertas como colonias vivas que se arrancaban de la base o se cortaban utilizando seguetas y se llevaban a superficie, en algunos casos con ayuda de la tripulación de la lancha o con bolsas de aire. Por lo general las inmersiones cesaban una vez que se llenaba la lancha de coral negro; en las mejores épocas ésta se podía llenar hasta dos veces al día. Este procedimiento se llevaba a cabo específicamente durante las estaciones del año cuando el agua era clara y cálida, es decir de Agosto a Noviembre. Para aprovechar la temporada, acampaban en la isla Espíritu Santo de 7 a 15 días, dos veces al mes.

El coral negro se vendía por costales en donde se mezclaban tanto ramas gruesas como pedacería. Estos costales los vendían por peso y en esa época el kilo costaba aproximadamente \$ 80.00 USD. Sin embargo, si algún comprador pedía piezas especiales de mayor grosor o calidad, el precio aumentaba al doble o al triple.

Los principales compradores del material en bruto eran artesanos nacionales y proveedores de coral negro para los reos del CERESO de la ciudad de La Paz. Por otro lado, el material pulido y tallado era vendido a turistas nacionales y extranjeros en forma de joyería y artesanía.

Los mejores años de captura fueron aproximadamente del año 1978 al año 1988. A partir de 1988, la venta de coral negro dejó de ser rentable, ya que disminuyó notablemente la demanda y por lo tanto bajó mucho el precio. De tal forma que seguir

realizando una actividad poco rentable y riesgosa, dejó de ser atractivo. Esto se sumó a unos desafortunados eventos de descompresión que vivió el Toto lo cual lo llevó a reevaluar sus prioridades en sus actividades laborales. Actualmente el Toto se dedica a prestar servicios turísticos de buceo, por lo que fue contratado por el proyecto para reubicar los bancos de coral negro de la isla Espíritu Santo con el fin de seleccionar algunos para su estudio, como se verá más adelante en el capítulo 5.

El otro colector de coral negro entrevistado, fue el señor Rafael Ruvalcaba Plascencia, quien colectó coral negro durante mediados de los 1970's. El Sr. Rafael colectaba únicamente el coral "amarillo" ya que era el que más demanda tenía en el mercado debido a la fuerte coloración azabache de su esqueleto; por lo mismo, era el coral mejor pagado. A pesar de que buceaba con frecuencia, en busca de varios recursos marinos, el coral negro sólo lo recolectaba bajo pedidos especiales, ya que para encontrarlo debía bucear a grandes profundidades y esto lo exponía a mayores riesgos de descompresión.

Las zonas en donde colectó coral negro se ubicaban a lo largo del golfo de California. Dentro de estas destacó zonas en donde las colonias de coral negro eran de gran tamaño y se presentaban a partir de 18 metros de profundidad, tales como Punta Frailes cerca de Cabo Pulmo, aproximadamente a 65 kilómetros al norte de San José del Cabo, así como Bahía de los Ángeles y la isla Ángel de la Guarda, ubicadas en la zona central del golfo de California. Otra zona de alta incidencia de coral negro era Punta Gorda, localizada a 32 kilómetros de San José del Cabo. En ésta llevaba a cabo el mayor número de colectas, debido a la gran densidad de colonias que se encontraban así como a la cercanía con las ciudades de Cabo San Lucas y San José del Cabo, donde se encontraban la mayor parte de sus compradores. Sin embargo, menciona que en esta

zona los bancos de coral negro se ubicaban a profundidades mayores de 40 metros, lo cual disminuía considerablemente el tiempo de buceo disponible para extraer las colonias y aumentaba los riesgos de descompresión.

Los métodos que utilizaba para extraer el coral negro eran relativamente sencillos. Las colonias las cortaba utilizando pinzas de jardinería o seguetas y las subía a la lancha con la ayuda de uno o dos compañeros. De todas maneras el Sr. Rafael recalca que sus ingresos no dependían de la extracción de coral negro, por lo que sólo lo colectaba esporádicamente y en pequeña escala. El precio promedio al cual lo vendía era de \$250.00 USD por kilogramo y sus principales compradores eran norteamericanos. Aunque cabe mencionar que si le pedían ramas de mayor grosor, el precio de estas aumentaba considerablemente.

La razón por la cual dejó de extraer coral negro, fue esencialmente debido a que le ofrecieron otro trabajo y se mudó a otra ciudad. Sin embargo indica que otro factor que lo impulsó a dejar de colectarlo fue el peligro relacionado con los buceos a grandes profundidades.

4.2.2. Entrevistas con Joyeros de coral negro

Debido a que no existe una colecta activa de coral negro en la región, tampoco se encontraron muchos artesanos y/o joyeros que trabajen el coral negro en la actualidad. Las entrevistas que se realizaron fueron con 2 joyeros que actualmente residen en la ciudad de Cabo San Lucas y San José del Cabo, quienes trabajaron coral negro en el pasado.

El coral negro con el que trabajaron era proporcionado en su mayoría por pescadores locales, quienes lo recolectaban en zonas aledañas. También era posible

obtener coral del interior de la república, específicamente del estado de Quintana Roo. El costo de la materia prima era de aproximadamente \$800 pesos MN por kilo de pedacería mixta, es decir con fragmentos de varios tamaños y grosores. De esta pedacería, por lo general había un 50 % de desperdicio el cual correspondía a las ramas delgadas y quebradizas. El resto estaba compuesto por las bases de las colonias y ramas gruesas que en su conjunto eran utilizadas para la fabricación de dijes o accesorios para collares.

El producto lo pulían y modelaba utilizando diferentes herramientas tales como fresas, seguetas, lijas y pegamento para unir fragmentos o figuras. Una vez pulido y cortado y/o moldeado en figuritas, estaba listo para engarzarse y venderse al público; por lo general la venta era de forma directa y no contaban con intermediarios. Lo más demandado por parte de los compradores eran los collares y las figuras de vida marina, especialmente cuando eran del tipo de coral que es completamente negro. Este tipo de coral lo consideraban más fino y lo vendían más caro que las otras variedades. Así mismo sus proveedores les vendían este tipo de coral hasta 10 por ciento más caro que los otros tipos.

Las dos personas encuestadas actualmente no trabajan con coral negro debido a la falta de demanda por parte del mercado, así como de la carencia o alto costo del material. Sin embargo, mencionan que es un material sumamente hermoso, con el cual estarían dispuestos a trabajar si tuviera un futuro prometedor con sus principales compradores, que son los turistas extranjeros. También mencionan que les interesaría engazarlo en metales preciosos, con el fin de darle un valor agregado más a sus diseños.

4.2.3. Entrevistas con Comerciantes de Coral Negro

4.2.3.1. Ciudad de La Paz

De acuerdo a las 8 encuestas realizadas, la comercialización del coral negro en la ciudad de La Paz, tuvo su mayor auge durante los años 90, a pesar de que de acuerdo a la entrevista con uno de los colectores del recurso, para esas fechas ya no se estaban explotando los bancos (fig. 2).

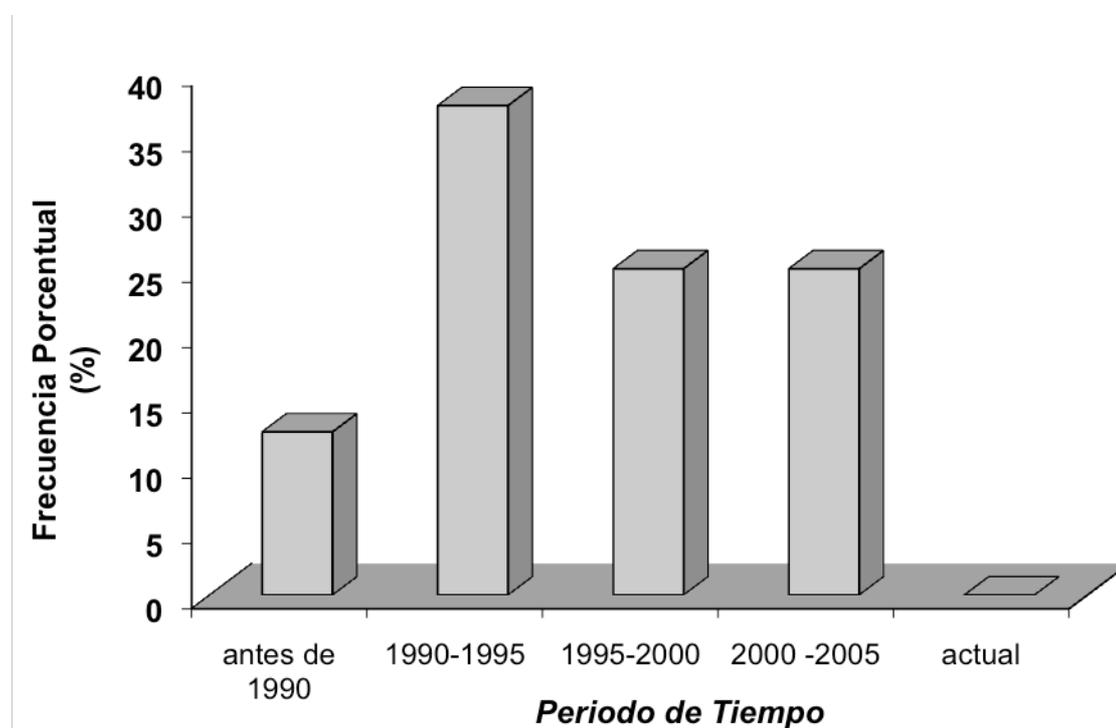
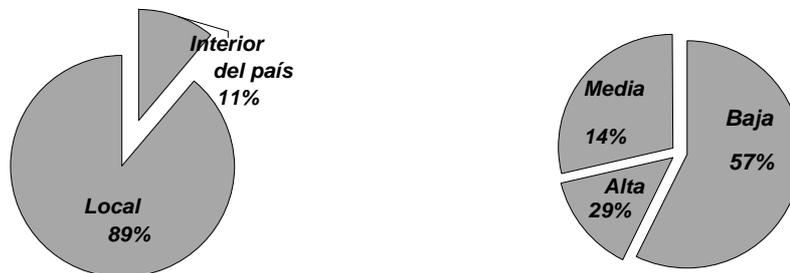


Figura 2. Periodos de tiempo de mayor comercialización de artículos de coral negro en la ciudad de La Paz.

El coral que se vendía en La Paz era principalmente de origen local (fig. 3A) y se ofrecía a los comercios por pescadores o artesanos locales quienes lo vendían en diversas presentaciones. La facilidad de adquirirlo para venderlo era baja ya que su oferta era muy esporádica (fig. 3B). Las presentaciones de mayor demandada por parte

del mercado, eran los collares y los aretes, los cuales eran los más buscados por parte de los turistas extranjeros y nacionales (fig. 4A y 4B).

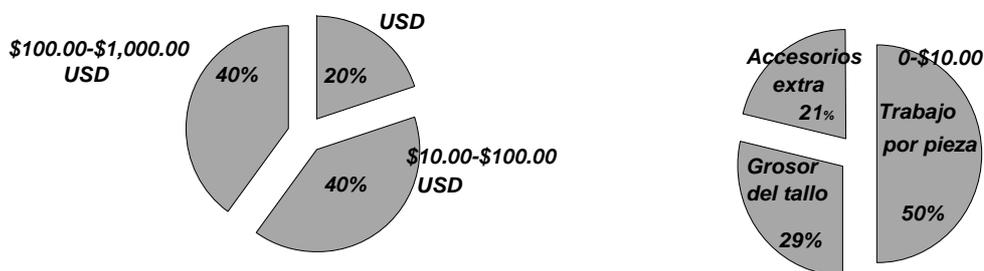


A. B.
Figura 3. Lugar de origen de los artículos de coral negro comercializados en la ciudad de La Paz (A) y facilidad adquisición por parte de los comerciantes (B).



A. B.
Figura 4. Nacionalidad de los principales compradores de coral negro (A) y presentaciones de mayor demanda de artículos de coral negro en la ciudad de La Paz (B)

El costo promedio de los artículos vendidos era de de \$ 10.00 USD lo cual dependía principalmente del grosor y el trabajo de la pieza (fig. 5A y 5B).



A. B.
Figura 5. Factores determinantes del costo final de los artículos de coral negro (A) y costo promedio de los mismos en la ciudad de La Paz.

Actualmente el coral negro no tiene una comercialización activa en la ciudad de La Paz por diversas razones, que varían según las personas encuestadas. Sin embargo, las principales coinciden en que el recurso se acabó porque hubo un agotamiento de los bancos de coral negro, aunado a que prohibieron su extracción (fig. 6).

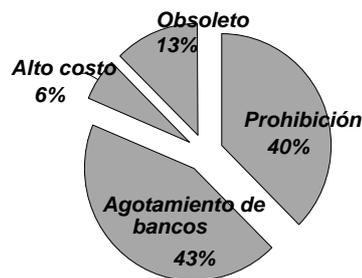


Figura 6. Principales razones por las que se dejó de comercializar el coral negro en la ciudad de La Paz.

4.2.3.2. Ciudad de Cabo San Lucas

De acuerdo a las 5 encuestas realizadas en la ciudad de Cabo San Lucas, el coral negro ha tenido una comercialización activa desde hace más de 15 años (fig. 7).

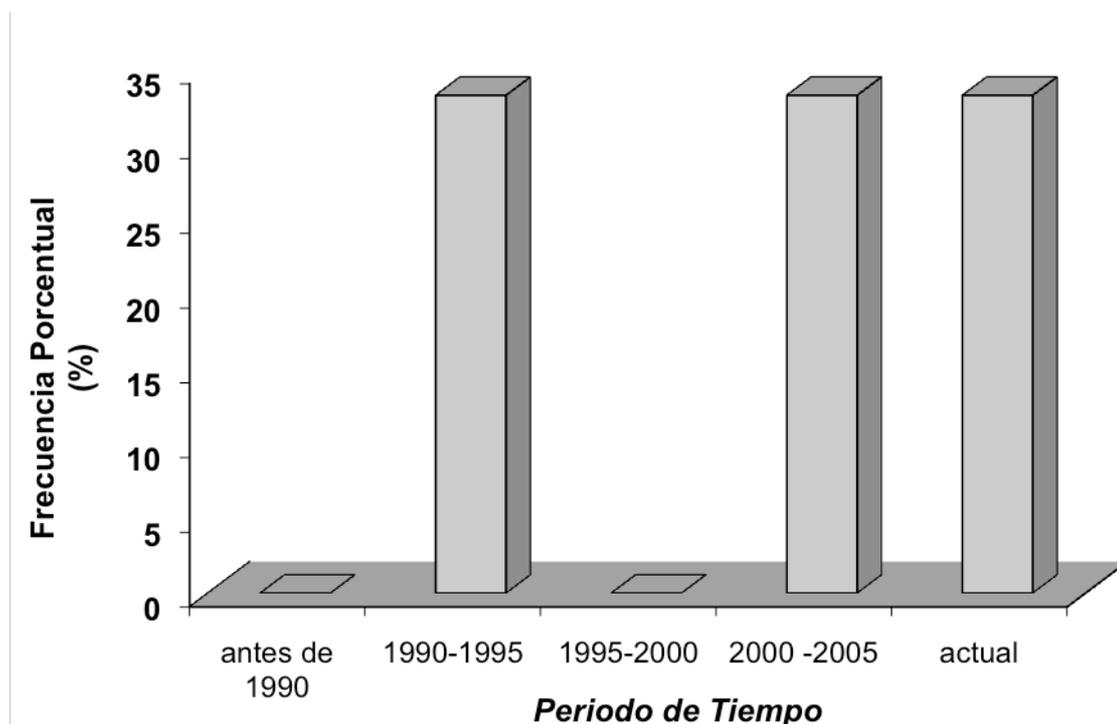


Figura 7. Periodos de tiempo de mayor comercialización de artículos de coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas.

El origen del coral utilizado varía según los negocios encuestados; en las joyerías finas el coral proviene principalmente del exterior y es fácil de adquirir, mientras que en los comercios artesanales proviene principalmente del interior del País y la facilidad para adquirirlo es muy baja (fig. 8A y 8B).



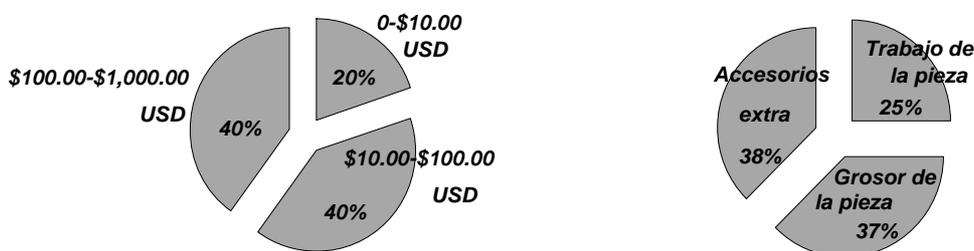
A.

B.

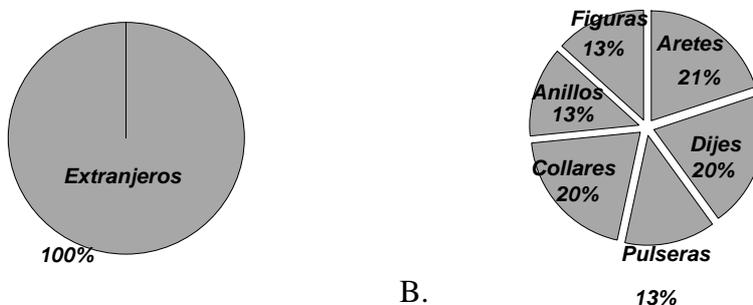
Figura 8. Lugar de origen de los artículos de coral negro comercializados en la ciudad de Cabo San Lucas (A) y facilidad de adquisición por parte de los comerciantes (B).

Actualmente casi no se venden accesorios de coral negro en los comercios artesanales. Los pocos que se encontraron son de tipo rústico y su precio de venta al

público oscila entre los \$10.00 USD. La mayoría de estos accesorios no son manufacturados actualmente, sino que son saldos que quedaron de hace más de 15 años, cuando la comercialización de este tipo de accesorios estaba activa en la ciudad de Cabo San Lucas. Por otro lado, las presentaciones que predominan actualmente son del tipo de joyería fina, a la cual se le incrusta el coral negro. El valor promedio de estos accesorios para la venta al público, oscila entre \$100.00 y \$1,000 USD (fig. 9A.) y los vendedores mencionan que los han estado ofreciendo desde hace aproximadamente 7 años. El costo de estos productos depende fundamentalmente de la cantidad de material de coral negro utilizado así como del material en que se montan (plata, oro amarillo, oro blanco o platino) y los accesorios extra que se añaden, los cuales pueden ser desde perlas hasta diamantes (fig. 9B). Los compradores de este tipo de joyería son en su mayoría turistas extranjeros (fig. 10A) y tienen preferencia por los collares y los aretes (fig. 10B).



A. B.
Figura 9. Costo promedio de los artículos de coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas (A) y factores determinantes del costo final de los mismos (B).



A. B.
Figura 10. Nacionalidad de los principales compradores de coral negro (A) y presentaciones de mayor demanda de artículos de coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas (B).

De una forma similar a lo que sucede en La Paz, existen algunos comercios que vendieron el coral negro en el pasado pero que actualmente no lo comercializan. Las razones por las que han dejado de comercializarlo varían, aunque existe una tendencia entre los vendedores a comentar que la venta del coral negro local está prohibida ya que se encuentra en peligro de extinción (fig. 11).

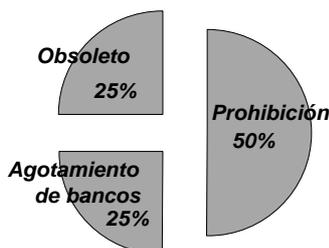


Figura 11. Principales razones por las que se dejó de comercializar el coral negro en la ciudad de Cabo San Lucas.

4.2.3.3. Ciudad de San José del Cabo

De acuerdo a las 9 encuestas realizadas en la ciudad de San José del Cabo, el coral negro ha tenido una comercialización activa desde hace más de 15 años, sin embargo debido a la afluencia de turistas la venta del mismo ha tenido el mayor auge en la actualidad (fig. 12).

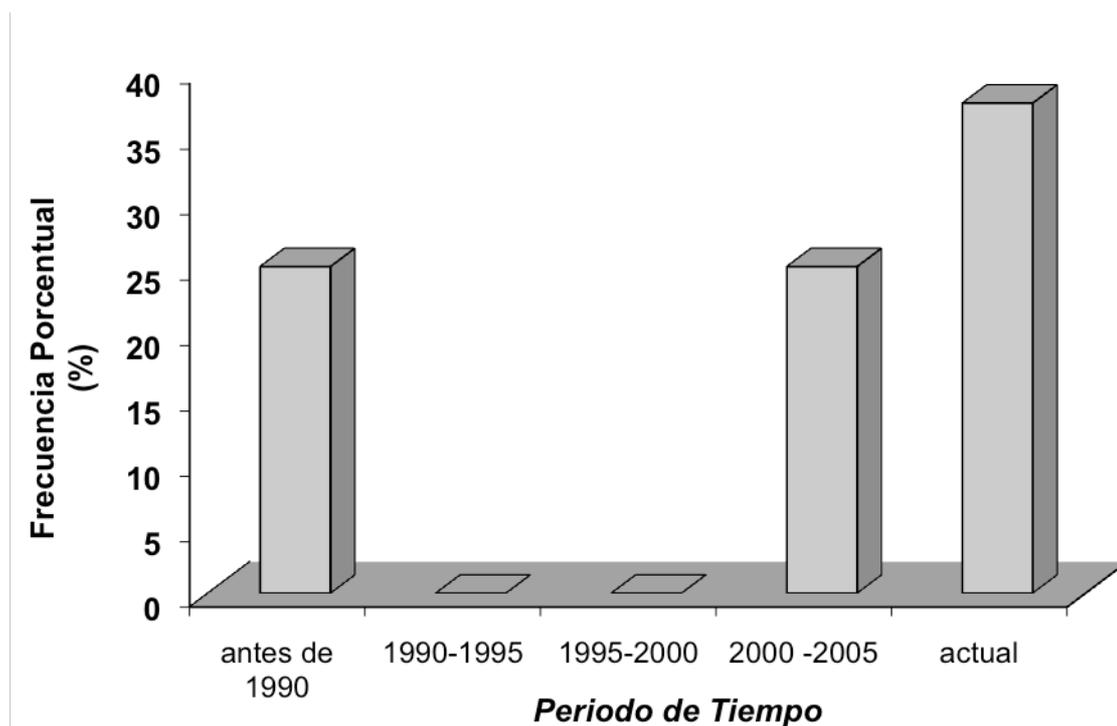
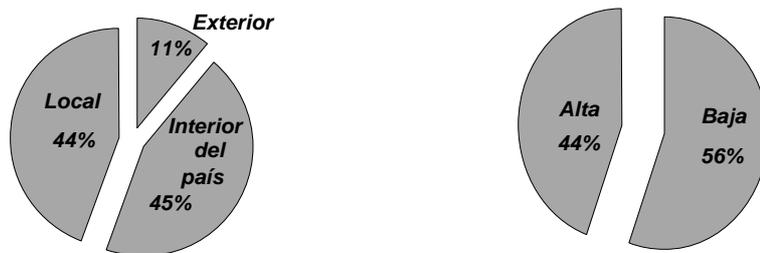


Figura 12. Periodos de tiempo de mayor comercialización de artículos de coral negro en la ciudad de San José del Cabo.

De una forma muy similar a Cabo San Lucas, el origen del coral utilizado varía según los negocios encuestados. En las joyerías finas el coral proviene principalmente del exterior, mientras que en los comercios artesanales proviene del interior del país y de la localidad (fig. 13A). Este último no necesariamente es extraído, sino que proviene de joyas o pedacería de hace más de quince años, que sus dueños deciden remodelar o vender a los comercios. Por lo tanto, la facilidad de adquirirlo por parte de los comerciantes varía en función a los negocios encuestados y los proveedores que posean (fig. 13B).

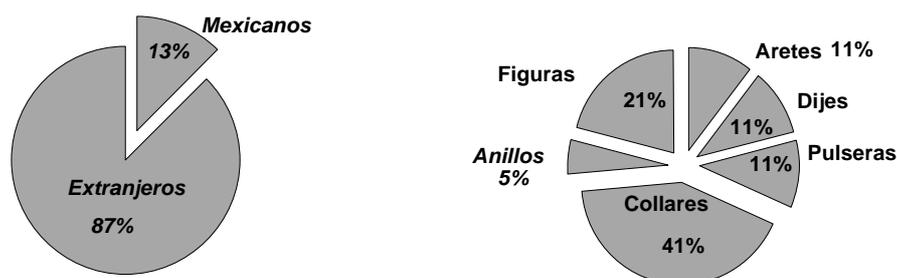


A.

B.

Figura 13. Lugar de origen de los artículos de coral negro comercializados en la ciudad de San José del Cabo (A) y facilidad o periodicidad de adquisición por parte de los comerciantes (B).

Los compradores de este tipo de joyería son en principio turistas extranjeros (fig. 14A) y tienen preferencia por los collares y los aretes (fig. 14B). El costo de los artículos varía principalmente por el tipo de comercio en dónde los venden y la presentación de las joyas, encontrándose productos desde menos \$10.00 USD en comercios informales, hasta los \$1,000.00 USD en joyerías finas o locales comerciales establecidos (fig. 15A). Igualmente que lo que sucede en Cabo San Lucas, el costo final de los accesorios de coral negro depende esencialmente de los materiales adicionales con los que está manufacturado, así como de la calidad y el grosor de las piezas (fig. 15B).



A.

B.

Figura 14. Nacionalidad de los principales compradores de coral negro (A) y presentaciones de mayor demanda de artículos de coral negro en la ciudad de San José del Cabo (B)

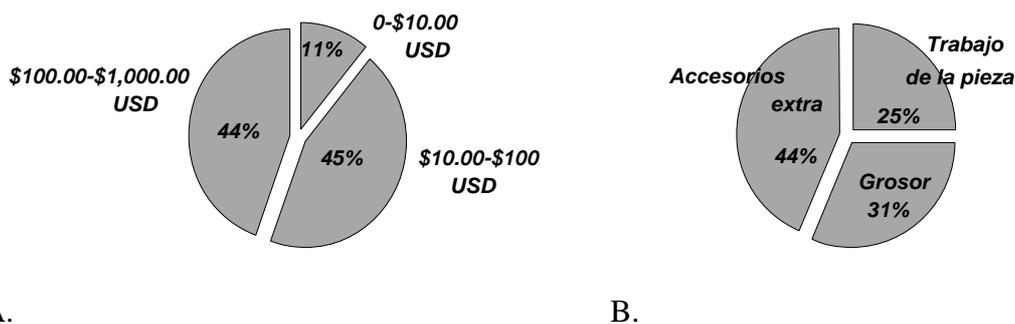


Figura 15. Costo promedio de los artículos de coral negro en la ciudad de San José del Cabo (A) y factores determinantes del costo final de los mismos (B).

De una forma similar a lo que ocurre en La Paz y en Cabo San Lucas, existen algunos comercios que vendieron el coral negro en el pasado, pero que actualmente no lo comercializan. Las razones por las que se haya dejado de comercializar oscilan alrededor de los argumentos de que es prohibida la venta del coral negro local, ya que se encuentran en peligro de extinción o que simplemente se agotaron sus bancos y por lo tanto no se encuentra en la localidad (fig. 16). Sin embargo catalogan al coral negro como “el oro negro” y estarían interesados en volver a comercializarlo, especialmente si estuviera avalado como un producto sustentable.

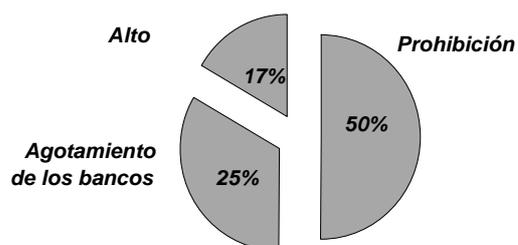


Figura 16. Principales razones por las que se dejó de comercializar el coral negro en la ciudad de San José del Cabo.

4.2.4. Entrevistas con Prestadores de Servicio de Buceo

Las entrevistas con los prestadores de servicio de buceo se llevaron a cabo en la ciudad de La Paz en 4 compañías diferentes que ofrecen el servicio a buzos locales,

nacionales y extranjeros. La mayoría de los prestadores de servicios de buceo conocen el coral negro y han buceado en zonas que presentan diferentes densidades de colonias de coral negro (fig. 17).

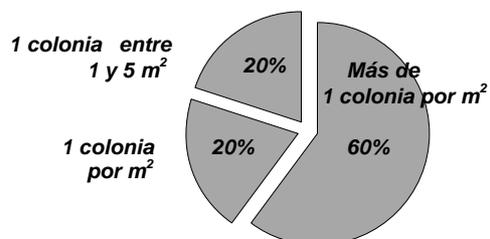


Figura 17. Densidades de coral negro observadas por prestadores de servicio de buceo.

La mayoría de estas localidades están relacionadas con lugares que actualmente se utilizan para el buceo recreativo, dentro de los cuales se destacan barcos hundidos como el Ferry Salvatierra que se hundió en los 70's y el pesquero chino Fang Ming, hundido en 1999 como un arrecife artificial. Los resultados obtenidos brindaron un panorama del estado y localización actual de bancos y colonias de coral negro alrededor del archipiélago de Espíritu Santo, lo cual se representa en la figura 18. Sin embargo algunos instructores y guías de buceo comentaron haber buceado sin turistas en Bancos de coral negro localizados en varias islas del Golfo tales como la isla San José y la isla Catalana, entre otras.

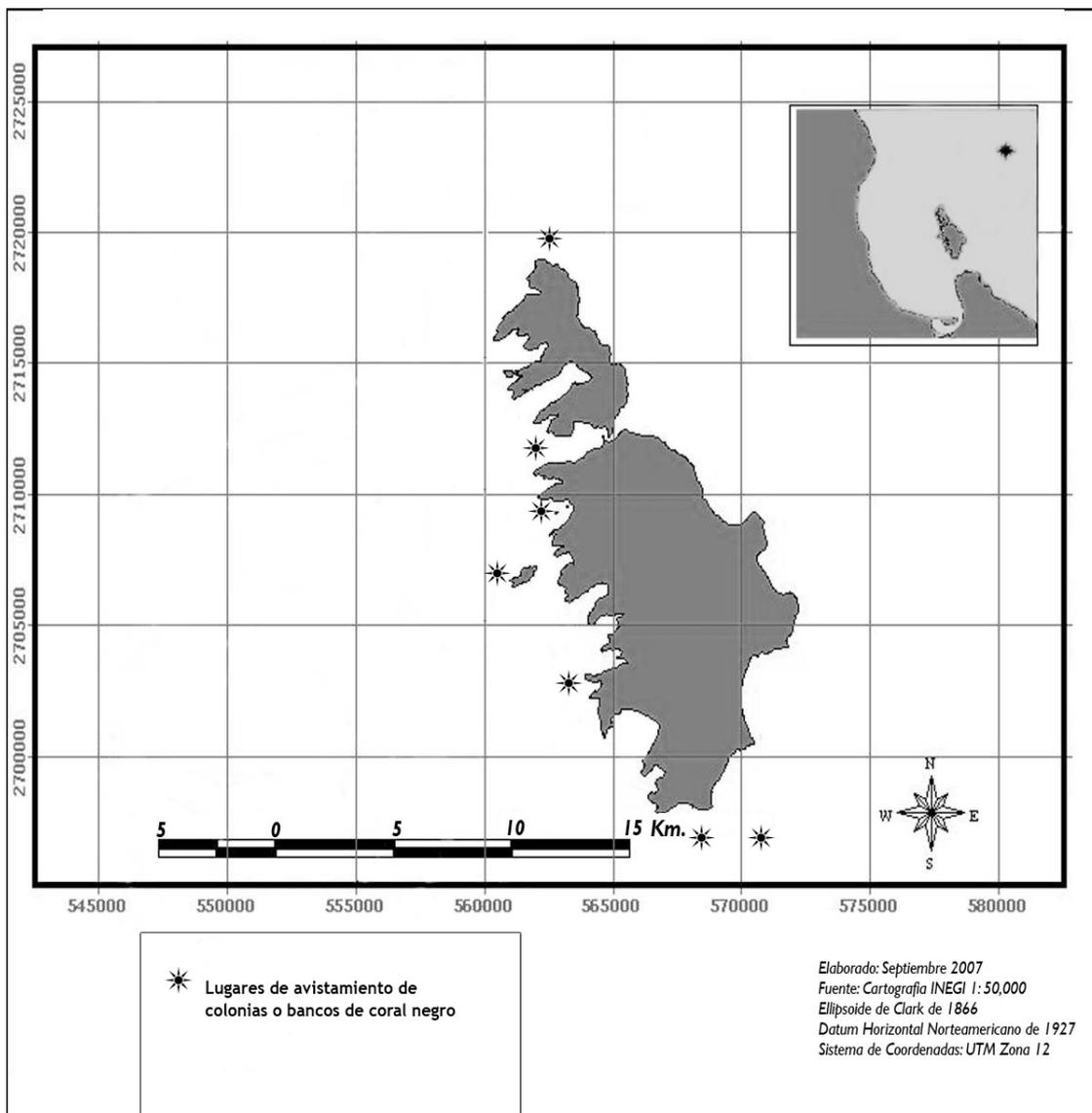


Figura 18. Puntos de avistamiento de colonias o bancos de coral negro, reportados por prestadores de servicio de buceo alrededor del complejo insular Espíritu Santo.

Las opiniones de los encuestados varían sobre la posibilidad de utilizar los bancos de coral negro como un atractivo turístico de buceo (fig. 19); algunos mencionan que no tiene potencial de volverse un lugar de buceo para el público en general, ya que piensan que es una actividad muy específica directamente relacionada con buceo científico o de investigación. Por otro lado, otros encuestados piensan que podría ser interesante promoverlo como otra opción más de buceo en la zona. Sin embargo, mencionan que el problema que ven frente a la incorporación de estos lugares como puntos de buceo

recreativo, es la profundidad a la cual se encuentran, la cual supera la profundidad máxima permitida para buzos recreativos con el curso de Aguas Abiertas (donde la profundidad máxima a la que pueden bucear es de 18 metros). Esto hace que los bancos de coral negro estén restringidos a ser visitados sólo por buzos con certificación avanzada o superior, donde el límite de profundidad es de 40 metros. Sin embargo, esto no es un problema mayor, ya que muchos de los lugares de buceo de esta localidad son exclusivamente para buzos avanzados (e.g. El Bajo: buceo avanzado en donde se observan tiburones martillos).

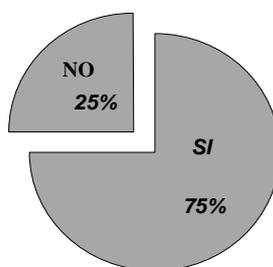


Figura 19. Opiniones de algunos prestadores de servicio de buceo en la ciudad de La Paz, respecto al establecimiento de los Bancos de coral negro como atractivo turístico de buceo.

4.3. Discusión y Conclusiones

Debido a que sólo fue posible entrevistar a dos ex colectores de coral negro, los resultados obtenidos acerca de la historia de la extracción de coral negro están limitados a esas dos fuentes. El panorama que proporcionó el Sr. Sergio Niño Geraldo, principal extractor de este recurso en la ciudad de La Paz, nos indicó que él era uno de los pocos que explotaban el coral negro, sin embargo tenía una capacidad de extracción sumamente alta, la cual estaba directamente relacionada con la demanda del mercado. Aparentemente a finales de la década de 1980, hubo una disminución en la demanda de coral negro, por lo que su venta dejó de ser rentable y por lo tanto dejó de extraer coral negro. Es posible que esto haya sido consecuencia de una saturación en el mercado de la

ciudad de La Paz y el municipio de Los Cabos, que para ese entonces no tenían el flujo turístico que tienen ahora. Posiblemente, a partir de esto, la oferta de coral negro disminuyó de tal forma que cuando se revertió la saturación en el mercado, que fue después de la década de los 1990's (fig. 2 y fig.7), dejó de haber oferta de coral negro de origen local y por lo tanto se generó una percepción errónea en los comerciantes y joyeros frente a la existencia y legislación de este recurso.

Actualmente esta percepción predomina en los comercios encuestados. Prevalecen recuerdos acerca de la aparente sobreexplotación de los bancos, así como afirmaciones acerca de que el coral negro está en peligro de extinción, es protegido por las leyes mexicanas, su explotación no es permitida o que simplemente su existencia se remontaba al pasado y que debido a prácticas inadecuadas sus poblaciones fueron exterminadas. Esta percepción predomina en las tres ciudades principales del sur del estado, a pesar de la realidad acerca del estado actual de los bancos de coral negro de la región. Esto ha conducido a que en varios comercios no vendan artículos de coral negro local o que si lo hacen los mantengan fuera de la vista del público en general. Esto último se observa con mayor frecuencia en los comercios de La Paz, en donde aún quedan reminiscencias del mercado pasado del coral negro, que algunas tiendas, que existen desde hace más de tres décadas, aún tratan de vender. Sin embargo, la calidad de estos accesorios es baja y lejos de parecer un material precioso o semiprecioso, está presentado de una manera rústica altamente congruente con el bajo precio al cual lo venden (aprox. \$ 10.00 USD).

En el municipio de Los Cabos la realidad es otra. A diferencia de La Paz, existen muchos más comercios que exhiben artículos elaborados con coral negro de origen foráneo, cuyo precio y presentaciones indican que está enfocado a un mercado

altamente exclusivo y de gran poder adquisitivo. Así mismo, en estos lugares describen al coral negro como el “oro negro”, comentando que supera la calidad, belleza y precio de cualquier otro material negro (e.g. onix). Sin embargo, recalcan en el hecho de que los productos que vendan deben ser extraídos mediante técnicas sustentables, lo cual es fundamental para que su público los acepte y los compre. Esto último tiende a ser el factor principal que determina la presencia o ausencia de accesorios de este material, ya que a diferencia del pasado, el mercado tiende a seguir una tendencia a favor de accesorios que no afecten al medio ambiente.

Esta percepción condujo a preguntar acerca del interés en la comercialización de coral negro de origen local, que fuera extraído de origen sustentable. La respuesta de los comerciantes, aunque algo incrédulos acerca de esta posibilidad, fue que sí les interesaría vender coral negro pero montado en materiales de alta calidad. Evitando caer en el comercio rústico o informal y más bien ofrecer accesorios con acabados de primera acompañados de otros materiales como piedras semipreciosas, perlas o diamantes que le dieran un valor agregado e individualidad a cada pieza y al coral negro que las acompaña. Sin embargo para que esto se pueda llevar a cabo, es fundamental contar con joyeros especializados o diseñadores de joyas, que además de hacer un buen trabajo le den un valor agregado derivado del diseño de cada pieza. Desafortunadamente, la posibilidad de que esto ocurra en la región puede llegar a ser un problema, ya que no se encontraron joyeros que trabajen con el coral negro en la actualidad y peor aun, quienes le daban los acabados al material, más que expertos joyeros, eran los mismos colectores. De tal forma que esto nos indica que para poder llevar a cabo una comercialización de productos de coral negro de alta calidad que sean

aceptados por el mercado, es necesario contar con una pesquería sustentable y con personas especializadas, capaces de transformar el material en joyas de alta calidad.

Por otro lado, los bancos de coral negro también pueden ser utilizados mediante su incorporación como ecosistemas para ser visitados como atractivos turísticos de buceo en la zona. Sin embargo, para esto hay que tener en cuenta el panorama que reflejan los prestadores de servicios de buceo con respecto al coral negro. Por un lado se revela cierto desconocimiento de algunos instructores o guías de buceo que no identifican al coral negro como tal, así como de aquellos que lo identifican pero no ven la potencialidad turística del recurso. Lejos de ser solamente un material de joyería, el coral negro tiene una historia milenaria, lo cual junto su belleza, le dan un valor agregado que puede ser obtenido tan solo por su contemplación en recorridos subacuáticos. En diferentes partes del mundo, el buceo en bancos de coral negro está limitado a buzos altamente avanzados que pueden acceder a profundidades superiores a las permitidas en el buceo recreativo o a buzos muy exclusivos que pagan más de \$100.00 USD por conocerlo en paseos subacuáticos guiados (Com. Personal, Augusto Teruel, 2007).

Aunado a lo anterior, en la isla Espíritu Santo se conjugan una serie de factores que no se deben ignorar. Por un lado el rango de distribución batimétrica que tiene nuestra especie de coral negro, permite que inclusive buzos principiantes puedan conocer al coral negro ya que hay colonias en arrecifes rocosos localizados a tan sólo 10 metros de profundidad. Así mismo, hay colonias expandidas en zonas que actualmente se utilizan para el buceo recreativo, que sin ningún problema se pueden convertir en santuarios de coral negro, como es el caso del Ferry Salvatierra.

Así mismo, varios de los bancos de coral negro se localizan muy cerca de lugares de buceo, por lo que su visita no queda fuera de la ruta ya establecida por las compañías de buceo. Esto facilita la introducción de estos lugares como un atractivo más, especialmente para los buzos que buscan experiencias únicas y diferentes. Paralelo a lo cual se tendrá un efecto directo en a la creación de empleos en base al aprovechamiento turístico sustentable y de bajo impacto, en un área natural protegida.

5. DISTRIBUCION, IDENTIFICACION, DENSIDAD Y ESTRUCTURA DE TALLAS

5.1. Introducción

En zonas tropicales y subtropicales los corales negros se caracterizan por distribuirse a grandes profundidades, por lo cual los estudios acerca de la ecología de estos organismos son mínimos (Sánchez, 1999). Alrededor del mundo, incluyendo México, se han llevado algunos estudios acerca de los patrones de distribución y abundancia de algunas especies de coral negro de interés comercial o con una pesquería activa (Grigg, 1965, 1976, 1993, 2001; Grange 1985, Montgomery, 2002; Olsen y Wood, 1980; Padilla-Souza, 1998, Sánchez, 1999; Tazioli *et al.*, 2007).

A pesar de que el enfoque principal de este trabajo es acerca de la pesquería del coral negro y aspectos generales de la dinámica poblacional de estos organismos, resulta imposible obviar aspectos básicos de su taxonomía y ecología, especialmente debido a que no existe información al respecto en esta zona del país. Por lo tanto, a continuación se presenta una descripción acerca la identificación, abundancia, estructura de tallas, distribución y caracterización de los dos bancos de coral negro estudiados y monitoreados alrededor del complejo insular Espíritu Santo.

Debido a que no se existen trabajos de esta índole con los bancos de coral negro en Baja California Sur y con el fin de determinar los métodos de campo a llevar a cabo, fue necesario hacer una serie de buceos prospectivos en algunos de los bancos previamente localizados con la ayuda de uno de los ex colectores de coral negro. Esto permitió seleccionar los bancos a monitorear, hacer un análisis visual de los tamaños y abundancia de las colonias, identificar las especies de coral negro dominantes de la zona

y evaluar las condiciones para llevar a cabo los muestreos subacuáticos de una forma segura para los buzos participantes. Esto último fue de suma importancia ya que el coral negro se distribuye a profundidades considerables, lo cual hace que su estudio subacuático esté fuertemente limitado.

5.2. Métodos

5.2.1. Prospección de bancos de coral negro

Inicialmente con el financiamiento de Padi Aware, se llevaron a cabo 7 buceos de prospección en 6 bancos de coral negro en 4 zonas alrededor del complejo insular del Espíritu Santo (fig. 20), los cuales fueron encontrados mediante la información proporcionada por uno de los excolectores de coral negro. Lo cual permitió localizar las zonas de incidencia de coral negro y seleccionar tanto el banco de mayor densidad aparente de colonias, ubicado cerca a la isla Partida, así como otro banco de densidad media adyacente al banco del Bajo de La Catedral. La selección se llevó a cabo teniendo en cuenta que ambos bancos fueran accesibles y presentaran contraste entre sí.

El primer banco se localizó en $24^{\circ} 31' 13.56''$ N, $110^{\circ} 23' 16.58''$ W y denominó como el banco de La Partida (BP), mientras que el otro banco se localizó en $24^{\circ} 26' 45.10''$ N, $110^{\circ} 23' 25.63''$ W y se denominó como el banco del Bajo de La Catedral (BC) (fig. 20).

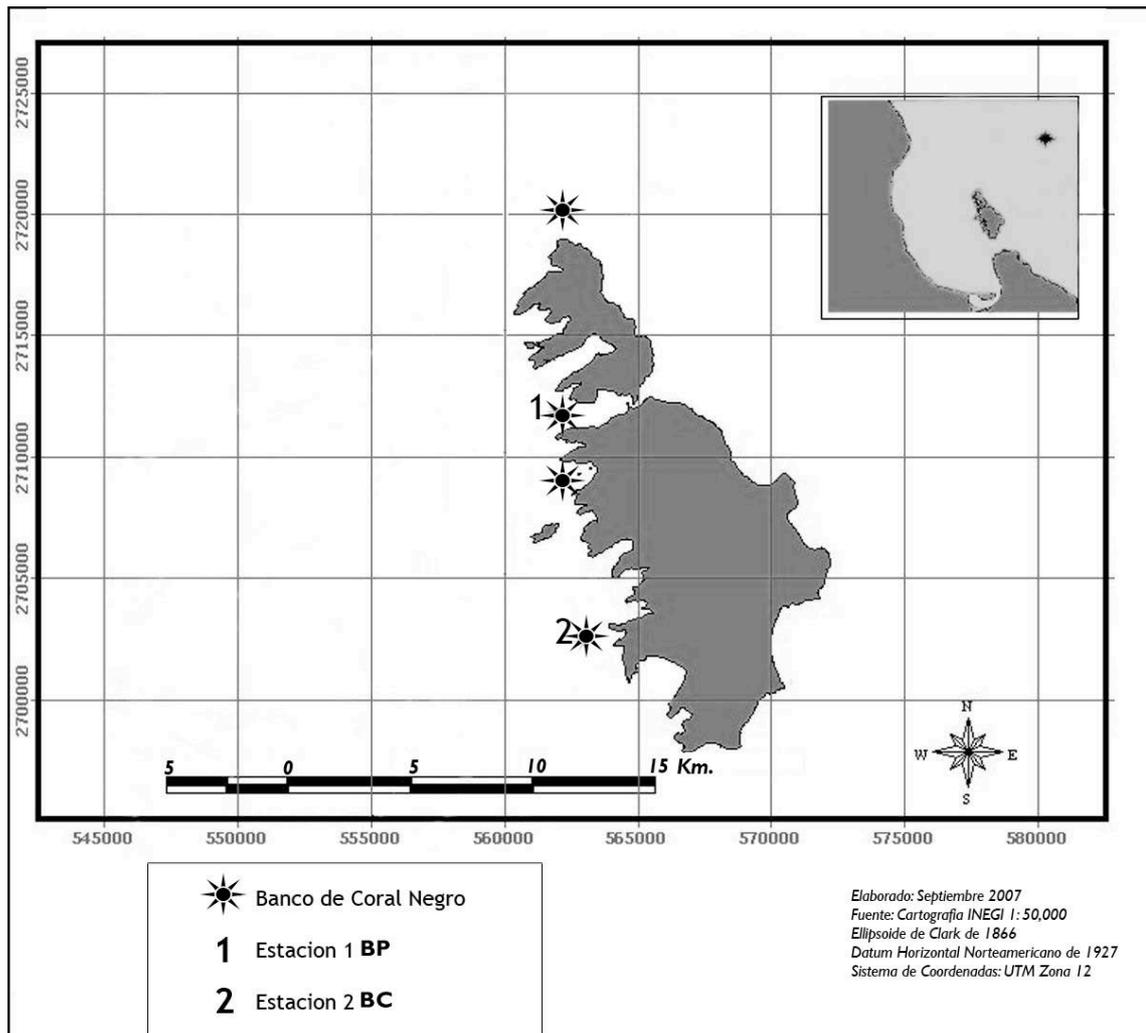


Figura 20. Sitios de muestreo de bancos de coral negro. Las zonas muestreadas están marcadas como 1 y 2.

En cada uno de estos dos bancos se llevó a cabo una inmersión a una profundidad máxima de 35 metros. Una vez ahí, se hizo un recorrido alrededor del banco, con el fin de determinar la extensión del mismo así como las profundidades y tipo de sustrato en donde se localizaban las colonias. Al concluir este procedimiento, se procedió a realizar tanto una identificación taxonómica como un análisis preliminar acerca de las poblaciones de la especie de coral negro dominante localizadas en el banco, paralelo a lo cual se realizaron observaciones iniciales acerca del tipo de hábitat preferencial, la profundidad a la que se encontraban, así como la estructura de tallas que presentaban.

El rango batimétrico se estableció para permitir realizar actividades de observación y muestreo mediante el uso de equipo de buceo autónomo SCUBA bajo los límites de no descompresión.

5.2.2. Determinación de la estructura de tallas y densidad de 2 bancos de coral negro

Para llevar a cabo un muestreo de la estructura de tallas y densidad de las colonias a tres profundidades diferentes y así poder analizar los cambios en función a la profundidad se optó por utilizar transectos de una longitud de 25 metros y un ancho de 2 metros. Esta longitud se seleccionó en función a la geomorfología de los bancos, con el fin de asegurar que en cada uno de los transectos que se llevaran a cabo se mantuviera una misma profundidad, ya que debido a los cambios batimétricos en el banco no resultaba óptimo trazar transectos de mayor longitud. Así mismo el ancho del transecto de 2 metros (1 metro a cada lado del transecto), se seleccionó debido a que es una medida sencilla para seguir utilizando como referencia la alzada de los brazos; esto último es de suma importancia para muestreos subacuáticos, ya que se deben de tener referencias de medición fáciles de seguir para evitar errores humanos de muestreo en la toma de datos.

A lo largo de un año se llevaron a cabo 3 muestreos de estructura de tallas y densidad en cada uno de los bancos de coral negro. En cada muestreo se pretendía realizar 2 transectos de 50 m² a 3 profundidades equidistantes entre los 35 metros y 27 metros para el banco de La Partida y a 2 profundidades de 27 y 19 metros para el banco del Bajo de La Catedral.

La variación batimétrica de los transectos se estableció en función a las características específicas de cada lugar. De esta manera, se obtuvo una gradación

representativa con una cobertura para determinar el hábitat de mayor calidad y el hábitat marginal en el rango batimétrico indicado para cada uno de los dos bancos. Las colonias que cayeron dentro del área de muestreo se contaron y se clasificaron en función a la clase de talla a la que pertenecían. Esto último se realizó midiendo a las colonias desde la base hasta la punta de la rama más alta, utilizando un tubo de aluminio de 150 cm de alto rotulado con una cinta métrica flexible marcada cada 10 cm. Cada intervalo de 10 cm se estableció como una categoría de altura máxima.

Resulta importante mencionar que en algunos casos por inconvenientes técnicos, no se pudo cumplir con el procedimiento al pie de la letra, por lo que el número de transectos y el área muestreada en cada localidad y a cada profundidad variaron ligeramente por profundidad y mes de muestreo. Esto fue consecuencia directa de los atributos relacionados con el buceo científico a grandes profundidades. Desafortunadamente, a pesar de que se planeó un procedimiento específico que se pretendía cumplir para todos los casos, en algunas circunstancias se hicieron excepciones porque los buzos llegaron al aire de reserva o alcanzaron el límite de tiempo de fondo; en cualquier caso, la seguridad de los participantes siempre fue la consideración prioritaria y por lo mismo al finalizar todos los muestreos se llevó a cabo una estandarización de las bases de datos, a partir de la cual se hicieron los análisis acerca de la densidad y la estructura de tallas.

5.2.3. Determinación de la estructura de tallas de las colonias de coral negro

Mediante la observación del tamaño de las colonias de coral negro en los buceos de prospección, se determinó la presencia de varias clases de tallas en la población. El propósito de determinar clases de tallas fue para implementar esta clasificación en el

momento de hacer los muestreos, para así poder establecer la estructura de tallas en función al rango batimétrico, la estacionalidad y la localidad. Teniendo esto en cuenta, y para no subestimar ninguna categoría de talla, al cuantificar las colonias en los muestreos de densidad estas se clasificaron en intervalos de tallas de 10 cm. Esta categorización se implementó en los muestreos de densidad, lo cual permitió determinar por un lado la abundancia de las colonias por área muestreada y su estructura de tallas correspondiente.

5.2.4. Análisis Estadísticos

Al finalizar el año de muestreos se llevaron análisis estadísticos para determinar las diferencias entre las distribuciones de las estructuras de tallas de las colonias en función a los siguientes tres aspectos: Profundidad, estacionalidad y localidad. Así mismo se analizaron las diferencias entre la densidad de colonias en función a la localidad independientemente de la estacionalidad o la profundidad.

Para analizar las distribuciones de la estructura de tallas se llevaron a cabo comparaciones pareadas utilizando la prueba de Kolmogorov- Smirnov (K-S) con α de 0.05. Esta prueba resultó la más adecuada para comparar distribuciones, ya que por un lado es sumamente simple y por otro lado, poderosa y robusta (Sokal y Rohlf, 1981).

Las diferencias entre las distribuciones de talla en función a la profundidad se llevaron a cabo mediante comparaciones pareadas entre la estructura de tallas que se obtuvo en cada una de las profundidades muestreadas en cada banco. Así mismo, para determinar las diferencias en las distribuciones de talla en función con la estacionalidad se llevaron a cabo comparaciones por profundidad entre las temporadas en que se realizaron los muestreos: Noviembre del 2006, Julio del 2007 y Enero del 2008 para el

banco de La Partida, y Diciembre del 2006, Julio del 2007 y Enero del 2008 para el banco del Bajo de La Catedral. Finalmente, para determinar las diferencias entre las distribuciones de talla en función a la localidad se compararon las del banco de La Partida y del banco del Bajo de La Catedral sin categorizar por profundidad o estación de muestreo.

Posteriormente se determinaron las diferencias en cuestión a la densidad de cada banco. Inicialmente se llevó a cabo una prueba de bondad de ajuste para probar normalidad utilizando la prueba de K-S con un valor de α de 0.05. Debido a que se probó que los datos no se distribuían normalmente, los datos fueron analizados utilizando la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney con un α de 0.05.

5.3. Resultados

5.3.1. Descripción de los bancos

Desde un principio el banco de La Partida se caracterizó por presentar altas abundancias de coral negro así como colonias de grandes tamaños que superaban el metro de altura. Se observó que las colonias se distribuyen alrededor de todo el banco que se ubica entre los 40 y 25 metros de profundidad, pero existe una congregación mayor en las zonas que presentan una superficie plana y sustrato rocoso, lo cual predomina entre los 30 y 27 metros de profundidad. A medida que aumenta la profundidad, la pendiente de la superficie rocosa se acrecienta considerablemente formando caídas y grietas, en donde también se encuentran colonias de coral negro pero en menor densidad. En esta zona en particular hay una tendencia a encontrar colonias de gran tamaño ligeramente dobladas o al ras del sustrato, siguiendo el patrón de las grietas en donde se introducen sutilmente. Las estructuras de tallas predominantes son de

colonias que superan el metro de altura, dando una apariencia de bosque subacuático a este banco de coral negro.

A diferencia del banco de La Partida, el banco del Bajo de La Catedral se caracterizó por estar ubicado a una menor profundidad y presentar una mayor densidad de colonias, pero de menor tamaño, cuyo rango de tallas predominante es menor al metro de altura. El rango de profundidad en donde se encontraron las colonias fue de los 27 a los 19 metros; a mayor profundidad se da una disminución en el sustrato rocoso y se presenta un fondo arenoso, prácticamente carente de colonias. Por otro lado, a menor profundidad, a pesar de que sigue presentándose la plataforma de roca, las colonias de coral negro simplemente no se encuentran.

Este banco presenta una geomorfología relativamente homogénea en todo su rango de profundidad; con una pendiente moderada y una serie de grietas poco profundas en donde se encuentran adheridas un gran número de colonias de coral negro. A medida que la plataforma de roca se aproxima al fondo arenoso localizado entre los 30 y 35 metros de profundidad, se presenta una ruptura en la homogeneidad, dando como resultado una pequeña pared con una serie de grietas más pronunciadas, en cuyo comienzo también es posible encontrar colonias de coral negro.

5.3.2. Identificación taxonómica

Para fines de este trabajo, únicamente se identificó la especie de coral negro de interés comercial de mayor dominancia (conocida por los pescadores como coral amarillo) que fue la que se encontró en las dos áreas de muestreo seleccionadas. Para esto se tomaron fotografías con acercamiento, con el propósito de capturar la coloración y morfología de los pólipos, así como el arreglo de la ramificación. Las fotografías

fueron enviadas al Dr. Dennis Opresko de la División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge en EE.UU., quien es un experto en taxonomía del coral negro y coincidió en la identidad de la especie como *Antipathes galapagensis* lo cual se complementó con la información taxonómica en Opresko (2003). Es importante mencionar que en un estudio acerca de las comunidades ícticas en el golfo de California Aburto-Oropeza *et al.*, (2007) hacen referencia al coral negro y lo identifican como *Antipathes galapagensis*. Teniendo todo esto en cuenta se presenta la siguiente descripción taxonómica:

Antipathes galapagensis (Deichmann, 1941)

Descripción: Colonias de forma arbustiva altamente ramificadas (fig. 21) hasta de 2 metros de altura. Presentan de seis a siete pólipos por centímetro de 1mm de diámetro transversal con espacio interpolipolar de 0.7 a 0.8 mm (fig. 22A.). Las espículas son de 0.14-0.16 mm de altura y son de forma cónica, agudas y con el ápice ligeramente redondeado (fig. 22B). Existe una ligera indicación de bifurcación en el ápice y en ciertas zonas de la superficie presentan irregularidades.

Coloración: La característica distintiva principal de esta especie es la coloración verde-amarillenta de sus pólipos.



Figura 21. Colonia de la especie *Antipathes galapagensis* (Fotografía tomada en el banco de La Partida por Mara Wills)

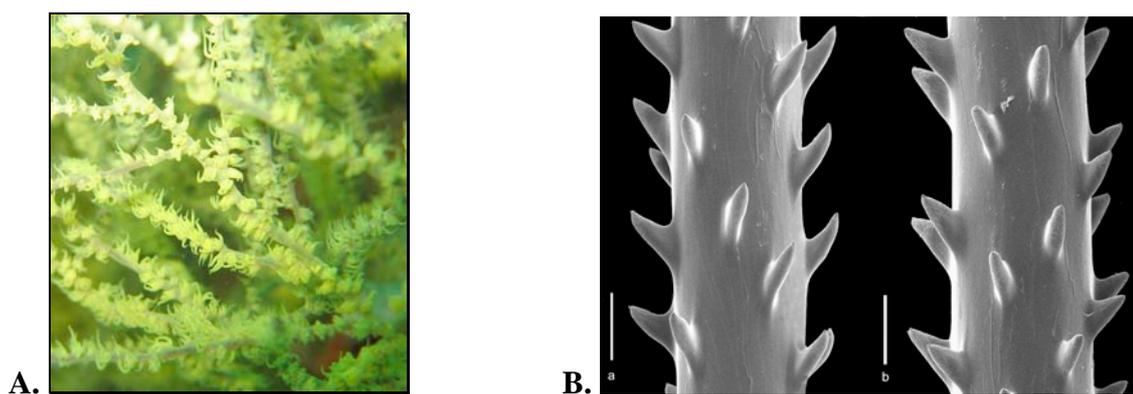


Figura 22. A. Pólipos de *A. galapagensis* (Fotografía tomada por Mara Wills); B. Espículas de *A. galapagensis* (Fotografía por cortesía del Dr. Opresko)

Hábitat y Distribución: Esta especie tiene un amplio rango de distribución en el Pacífico Oriental, desde la zona central del Golfo de California hasta Ecuador. Su distribución batimétrica varía, ya que puede encontrarse en plataformas de barcos hundidos, arrecifes y plataformas rocosas localizados a diferentes profundidades. El rango de profundidad en la que se encontraron las mayores abundancias de esta especie en la zona de muestreo fue de los 20 a los 30 metros.

5.3.3. Estructura de tallas

En cada uno de los bancos de coral negro muestreados se presentaron diferentes distribuciones en las estructuras de tallas las cuales variaron en función a la estacionalidad, profundidad y localidad. El caso del banco de La Partida resulta destacable por el gran tamaño de sus colonias, ya que la mediana de la distribución cae el intervalo de 80 y 90 cm.

Por otro lado, el banco del Bajo de La Catedral se caracteriza por presentar colonias de menor tamaño, cuya mediana está en el intervalo de los 50 a 60 cm. A continuación se presentan los histogramas elaborados a partir de las estructuras de tallas que se obtuvieron a cada profundidad y en cada uno de los 3 muestreos realizados en el banco de La Partida (fig. 23.) y en el banco del Bajo de La Catedral (fig. 24).

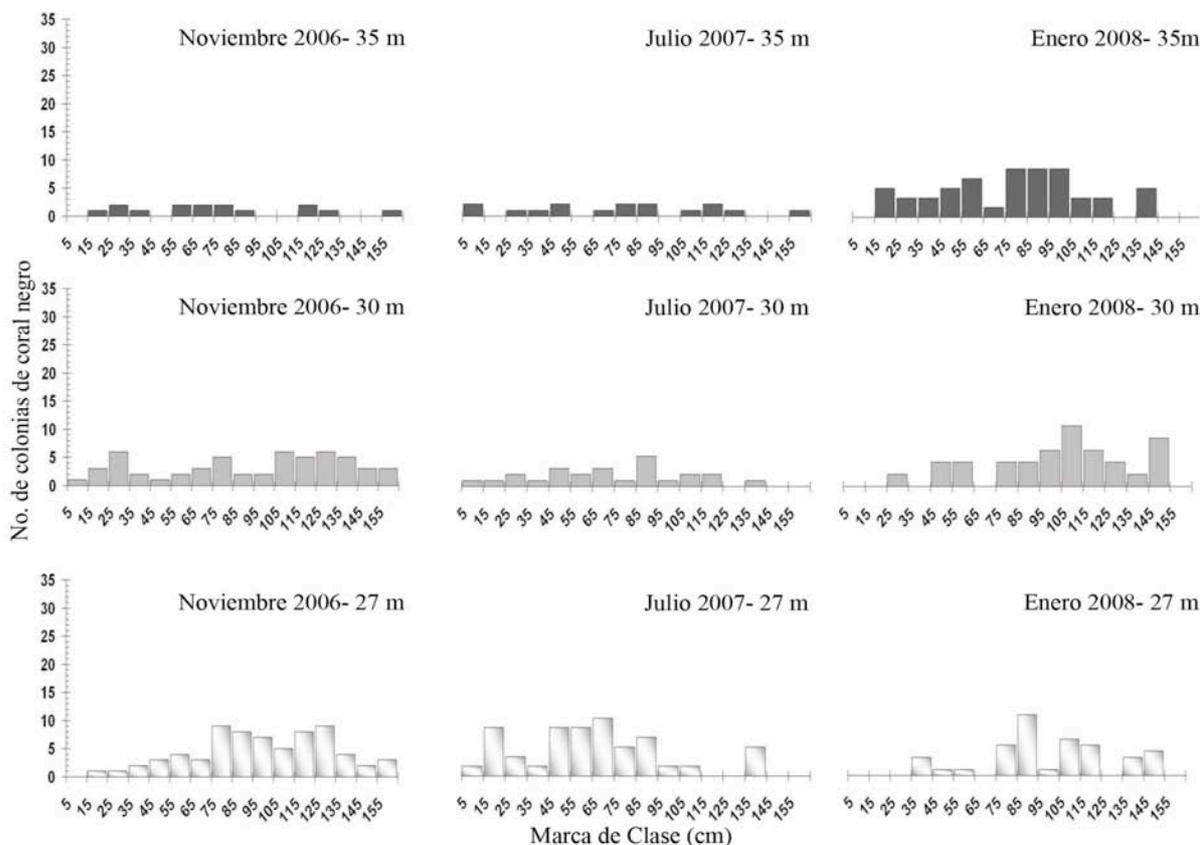


Figura 23. Histogramas de la estructura de tallas de las colonias de coral negro muestreadas en el banco de La Partida.

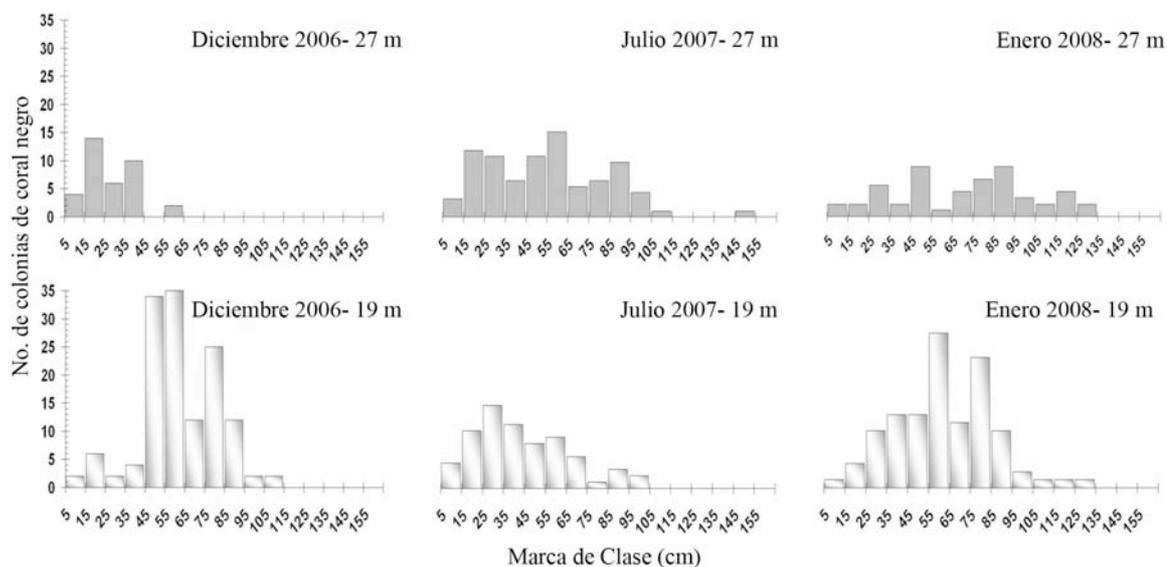


Figura 24. Histogramas de la estructura de tallas de las colonias de coral negro muestreadas en el banco del Bajo de La Catedral.

5.3.3.1. Variación de la distribución de la estructura de tallas en función a la profundidad

A continuación se presentan los resultados de las pruebas estadísticas para determinar si existían diferencias significativas entre las distribuciones de las estructuras de tallas de cada banco en función a la profundidad. Para poder determinar los efectos de la profundidad sin tener que diferenciar por fecha de muestreo, los resultados que se presentan a continuación se analizaron a partir del promedio de las distribuciones realizadas a lo largo del año.

Banco de La Partida

En la figura 25 se presenta la distribución promedio de las estructuras de tallas de las colonias de coral negro muestreadas a lo largo del año a los 35, 30 y 27 metros de profundidad en el banco de La Partida.

Se puede observar que existe una tendencia diferencial entre la estructura de tallas a medida que se llega a la profundidad máxima de muestreo. A pesar de que el rango de distribución de la estructura de tallas es prácticamente el mismo en cada profundidad, entre los 30 y 27 metros de profundidad hay un mayor número de colonias por marca de clase y hay una predominancia de colonias mayores a 100 cm a diferencia de los que sucede a los 35 metros de profundidad.

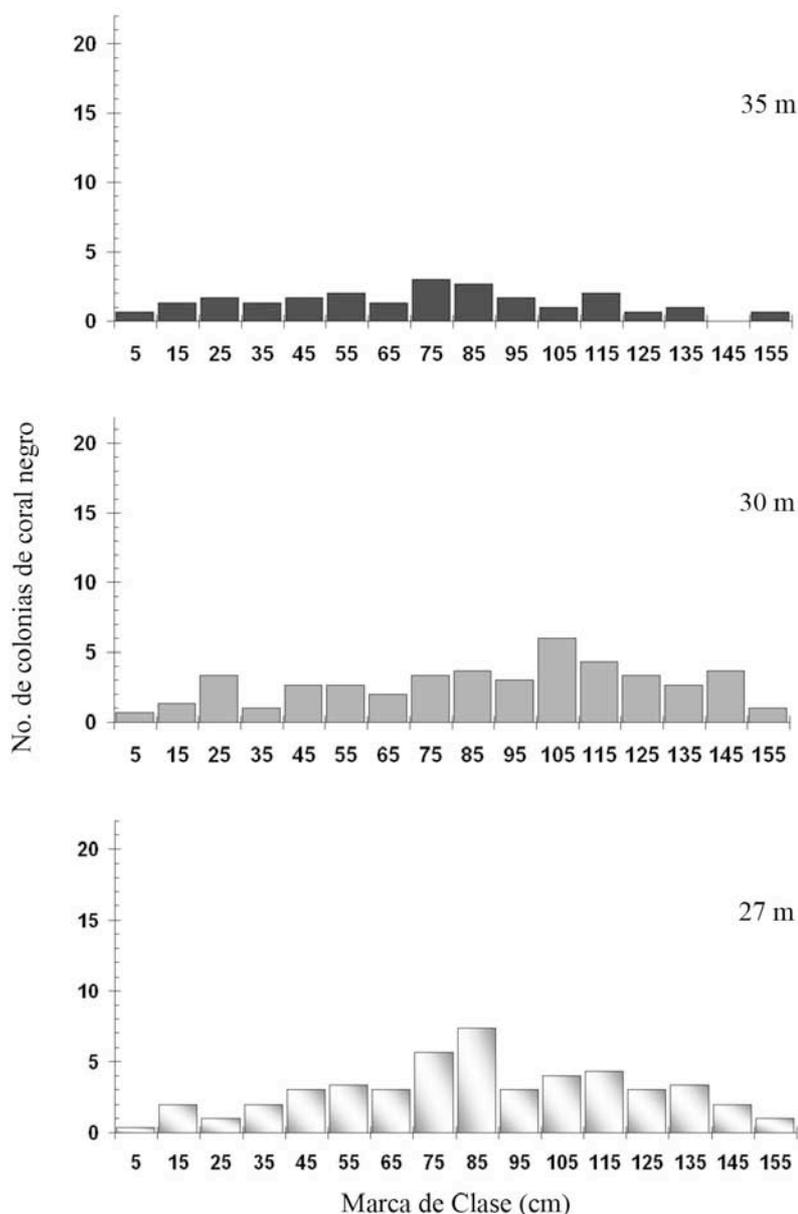


Figura 25. Estructura de tallas promedio de colonias vivas de coral negro a las tres profundidades muestreadas en el banco de La Partida.

Los resultados de las pruebas de K-S, demostraron que la distribución estructura de tallas a los 35 metros de profundidad es estadísticamente diferente a las distribuciones que se presentan a menor profundidad (tabla I). Así mismo, también se comprobó que no existen diferencias significativas entre las distribuciones de las estructuras de tallas entre los 30 y 27 metros de profundidad. En conjunto, esto se puede ver con mayor claridad en la gráfica de cajas que se presenta en la figura 26.

Tabla I. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas del banco de La Partida comparadas en función a la profundidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.

Profundidad	35 m	30 m	27 m
35 m	-----	$p < 0.025$	$p < 0.025$
30 m	-----	-----	$p > 0.1$

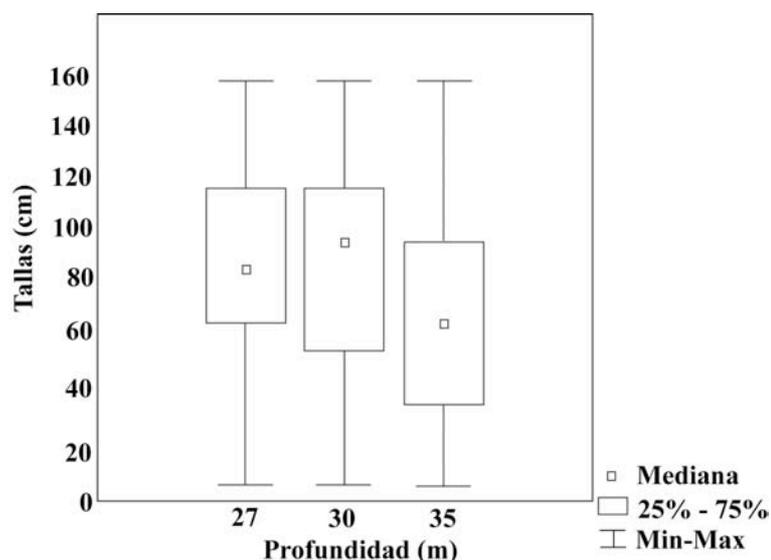


Figura 26. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas promedio de cada profundidad muestreada en el banco de La Partida.

Banco del Bajo de La Catedral

En la figura 27 se presentan las distribuciones promedio de las estructuras de tallas de las colonias de coral negro muestreadas a los 27 y 19 metros de profundidad a lo largo del año en el banco del Bajo de La Catedral. A los 27 metros de profundidad la

amplitud en el rango de distribución de tallas es mayor, presentando colonias hasta los 150 cm, a diferencia de la estructura de tallas que se presenta a los 19 metros en donde su rango llega hasta los 130 cm. Por otro lado, el número de colonias por marca de clase es notoriamente menor a los 27 metros de profundidad que a los 19.

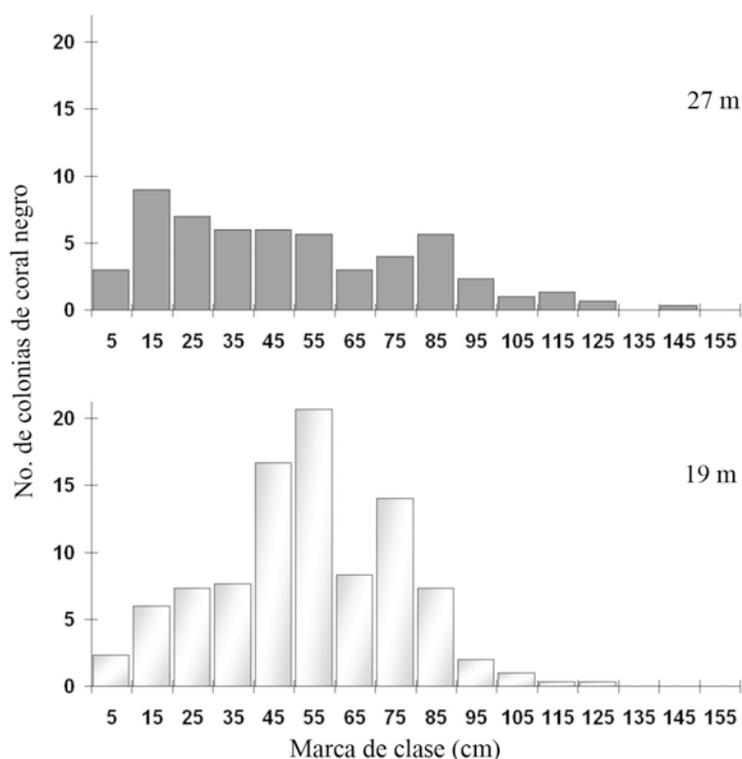


Figura 27. Estructura de tallas promedio de colonias vivas de coral negro a las dos profundidades muestreadas en el banco del Bajo de La Catedral.

A pesar de las observaciones anteriores, los análisis estadísticos de K-S demostraron que las distribuciones de tallas a los 27 y 19 metros de profundidad no son estadísticamente diferentes. Sin embargo, entre cada profundidad se presenta una tendencia diferencial en la cual hay una disminución en el número de colonias por marca de clase a medida que aumenta la profundidad muestreada. Esto se observa tanto en la figura 27, como en la figura 28.

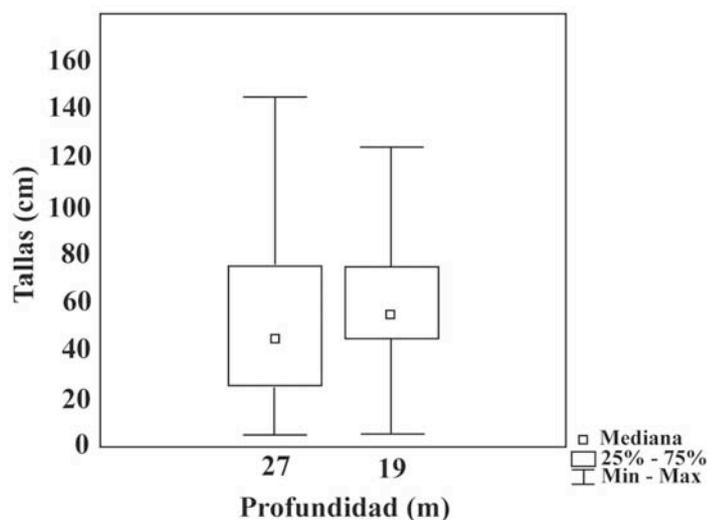


Figura 28. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas promedio de cada profundidad muestreada en el banco del Bajo de La Catedral.

5.3.3.2. Variación de la distribución de la estructura de tallas en función a la estacionalidad

En esta sección se presentan los resultados de las pruebas estadísticas para determinar si existían diferencias significativas entre las distribuciones de las estructuras de tallas de cada profundidad muestreada en cada banco en función a la estacionalidad.

Banco de La Partida

En la figura 29 se presentan la gráfica de cajas en donde se presentan los resultados de los muestreos de estructura de tallas de las colonias que se llevaron a cabo en 3 meses del año diferentes y en cada una de las profundidades seleccionadas en el banco de La Partida.

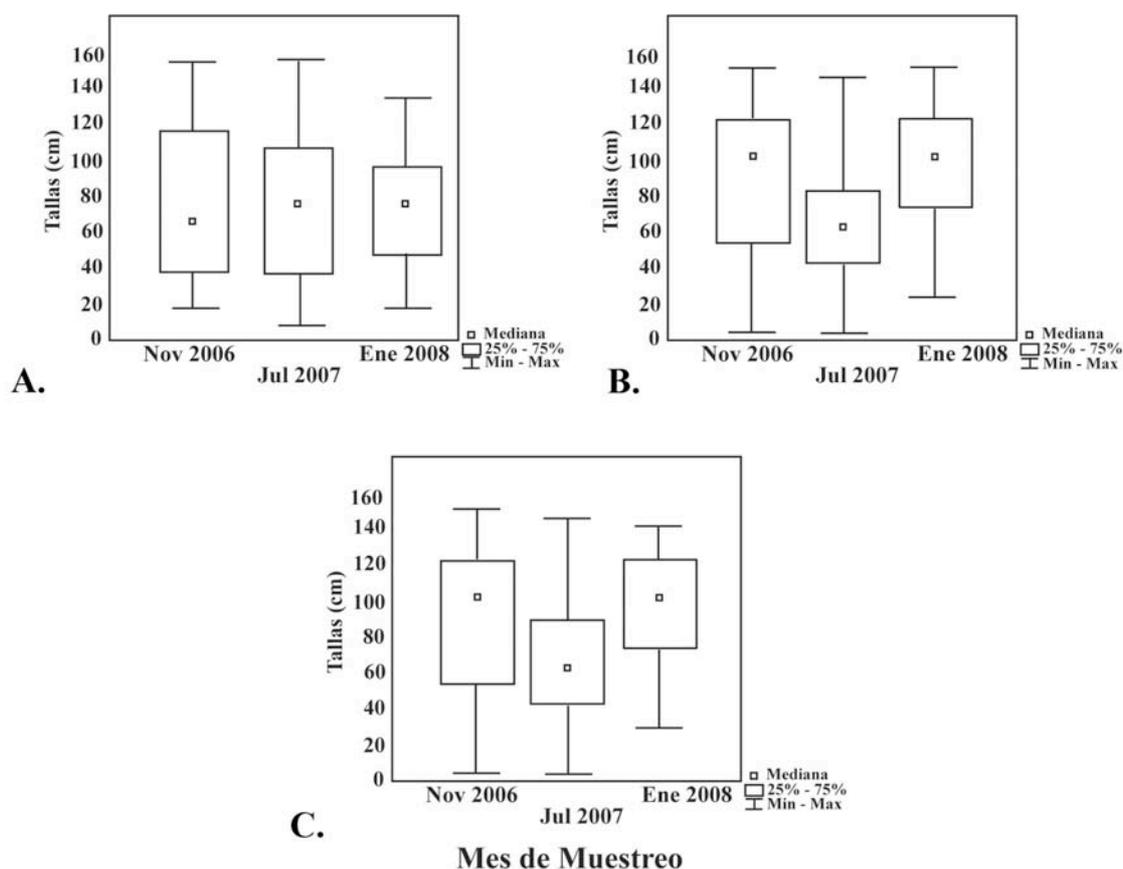


Figura 29. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas en cada profundidad muestreada en tres temporadas del año en el banco de La Partida. A) 35 metros. B) 30 metros C) 27 metros.

Así mismo, se presentan los valores de p obtenidos entre las comparaciones de la distribución de las estructuras de tallas muestreadas a los 35 metros (tabla II), 30 metros (tabla III), y a los 27 metros (tabla IV) de profundidad durante Noviembre del 2006, Julio del 2007 y Enero del 2008 en el banco de La Partida utilizando la prueba de K-S .

Tabla II. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 35 metros en el banco de La Partida comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.

Mes de Muestreo	Nov 2006	Jul 2007	Ene 2008
Nov 2006	-----	$p > 0.1$	$p > 0.1$
Jul 2007		-----	$p > 0.1$

Tabla III. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 30 metros en el banco de La Partida comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.

Mes de Muestreo	Nov 2006	Jul 2007	Ene 2008
Nov 2006	-----	$0.05 < p < 0.1$	$p > 0.10$
Jul 2007		-----	$p < 0.05$

Los resultados de la tabla II, indican que las distribuciones de tallas a los 35 metros de profundidad no son estadísticamente diferentes entre sí. Por otro lado, tal y como se presenta en la tabla III, a los 30 metros de profundidad no todas las estructuras de tallas son estadísticamente iguales entre sí. Específicamente se demostró que las distribuciones de las estructuras de tallas de Julio del 2007 y de Enero del 2008, son estadísticamente diferentes entre sí.

Las distribuciones de Noviembre y Enero del 2008 no son estadísticamente diferentes entre sí, al igual que las distribuciones de Julio del 2007 y Noviembre del 2006 que tampoco son estadísticamente diferentes entre sí. Sin embargo el caso específico de la comparación entre las distribuciones de Julio del 2007 y Noviembre del 2006 vale la pena tenerla en cuenta, ya que a pesar de que bajo el nivel de alfa establecido para este trabajo no son diferentes hay una tendencia a presentar diferencias entre las dos distribuciones (fig. 29B).

Esto nos indica que a los 30 metros de profundidad hay un factor relacionado con la estacionalidad que genera cambios en la distribución de la estructuras de tallas, específicamente entre los meses de Julio del 2007 y Enero del 2008 y posiblemente también entre los meses de Noviembre del 2006 y Julio del 2007. Debido a que no se encontraron diferencias entre las distribuciones de Noviembre del 2006 y de Enero del 2008, se sugiere que este factor relacionado con la estacionalidad está probablemente ligado a la temporada de Julio del 2007.

A los 27 de profundidad (tabla IV) se observa prácticamente la misma tendencia que se observó a los 30 metros de profundidad. Por un lado se comprobó que las distribuciones de Noviembre del 2006 y Enero del 2008 son estadísticamente iguales. Mientras que tanto las distribuciones de Julio del 2007 y Enero del 2008, así como de Julio del 2007 y Noviembre del 2006, son estadísticamente diferentes entre sí.

Tabla IV. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 27 metros en el banco de La Partida comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.

Mes de Muestreo	Nov 2006	Jul 2007	Ene 2008
Nov 2006	-----	$p < 0.05$	$p > 0.10$
Jul 2007		-----	$p < 0.05$

Esto nuevamente indica que a los 27 metros de profundidad hay un factor relacionado con la estacionalidad que genera cambios en la distribución de la estructuras de tallas, específicamente entre los meses de Julio del 2007 y Enero del 2008 y entre los meses de Noviembre del 2006 y Julio del 2007. Como tampoco se encontraron diferencias entre las distribuciones de Noviembre del 2006 y de Enero del 2008, al igual que para los 30 metros de profundidad se sugiere que este factor relacionado con la estacionalidad está probablemente ligado a la temporada de Julio del 2007.

Banco del Bajo de La Catedral

En las tablas V y VI se presentan los resultados obtenidos de las pruebas K-S, que determinaron las diferencias estadísticas entre las distribuciones de tallas que se muestrearon a lo largo del año en el banco del Bajo de La Catedral

Tabla V. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 27 metros en el banco de del Bajo de La Catedral, comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.

Mes de Muestreo	Dic 2006	Jul 2007	Ene 2008
Nov 2006	-----	$p < 0.05$	$p < 0.05$
Jul 2007		-----	$p < 0.05$

Tabla VI. Valores de p obtenidos en la comparación de las estructuras de tallas muestreadas a los 19 metros en el banco de del Bajo de La Catedral, comparadas en función a la estacionalidad. Los valores significativos se resaltan en negrillas.

Mes de Muestreo	Dic 2006	Jul 2007	Ene 2008
Dic 2006	-----	$p < 0.05$	$p > 0.10$
Jul 2007		-----	$p < 0.05$

A los 27 metros de profundidad cada una de las distribuciones de las estructuras de tallas estadísticamente difieren entre sí (tabla V). Así mismo, a los 19 metros de profundidad también se observa que algunas de las distribuciones de las estructuras de tallas estadísticamente difieren entre sí (tabla VI).

A esta profundidad las distribuciones de Diciembre del 2006 y la de Julio del 2007, así como las de Enero del 2008 y Julio del 2007, son estadísticamente diferentes entre sí. Mientras que las distribuciones de Diciembre del 2006 y Enero del 2008 son estadísticamente iguales entre sí.

De una forma similar a lo que sucedió en el banco de La Partida, tanto a los 27 como a los 19 metros de profundidad, los resultados de la prueba de K-S presentaron diferencias significativas en algunas de las distribuciones de las estructuras de tallas de las colonias de coral negro en función a al mes del año en que se llevó a cabo el muestreo. Sin embargo, es importante resaltar que las estructuras de tallas a los 27 metros de profundidad siguen un patrón de variación diferente al que se observa a los 19 metros (fig.30) de profundidad en este banco, así como en las profundidades de 30 y 27 metros muestreadas en el banco de La Partida, lo cual se puede observar en las gráficas de cajas correspondientes (fig.29 y fig. 30).

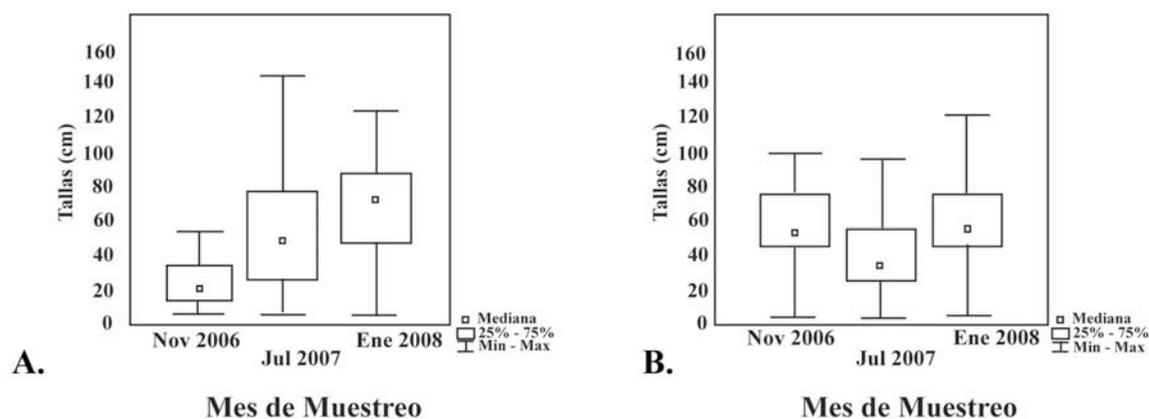


Figura 30. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas en cada profundidad muestreada en tres temporadas del año en el banco del Bajo de La Catedral. A) 27 metros. B) 19 metros.

5.3.3.3. Variación de la distribución de la estructura de tallas en función a la localidad

Los resultados obtenidos a partir de la prueba de K-S comprueban que la distribución de la estructura de tallas promedio de las colonias de coral negro en el banco de La Partida y el banco del Bajo de La Catedral, estadísticamente difieren entre sí. Por un lado en el banco de la Partida el rango de tallas en el cual se presentan colonias de coral negro va de los 0 a los 160 cm, mientras que el del banco del Bajo de La Catedral es más estrecho, siendo de 0 a 130 cm. Por otro lado, el valor de la mediana en el banco de La Partida está entre el intervalo de tallas de 80 a 90 cm y el del banco de La Catedral entre los 50 y 60 cm. Esto se presenta gráficamente en la figura 31.

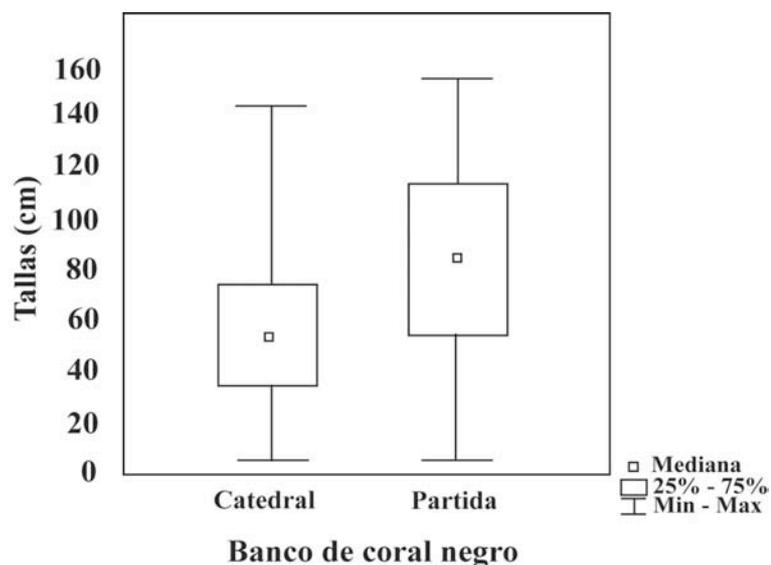


Figura 31. Gráfica de cajas de las distribuciones de las estructuras de tallas promedio de las colonias de coral negro en el Banco de La Partida y el Banco del Bajo de La Catedral.

5.3.4. Densidad

Continuando con la comparación entre los atributos de los bancos de coral negro muestreados, en esta sección se presenta un desglose de las densidades encontradas en cada banco, así como un análisis estadístico para determinar si son diferentes entre sí.

Banco de La Partida

La densidad encontrada en cada uno de los transectos que se realizaron a 3 profundidades diferentes durante los 3 muestreos que se llevaron a cabo en el banco de La Partida a lo largo del año de monitoreo se presentan en la tabla VII. Donde se puede observar que las mayores abundancias se presentaron entre los 27 y 30 metros y que conforme aumenta la profundidad disminuye el número de colonias por m².

Tabla VII. Densidad de colonias de coral negro obtenidas en todas los transectos realizados a 35, 30 y 27 metros de profundidad durante Noviembre, 2006; Julio, 2007; y Enero 2008, en el banco de La Partida.

Profundidad (m)	Noviembre 2006		Julio 2007		Enero 2008	
	Área muestreada (m ²)	Densidad Col/m ²	Área muestreada (m ²)	Densidad Col/m ²	Área muestreada (m ²)	Densidad Col/m ²
35	50	0.14	50	0.18	50	0.4
	50	0.22	50	0.3	50	0.34
			50	0.22		
30	50	0.56	50	0.24	50	0.54
	50	0.74	50	0.42		
			50	0.06		
27	200	0.59	50	0.12	50	0.38
	100	0.89	50	0.06	50	0.40
			50	0.3		

En promedio la densidad a los 27 y 30 metros fue de 0.55 y 0.42 colonias por m², mientras que a los 35 metros disminuyó a prácticamente la mitad, presentando una densidad de 0.26 colonias por m². El promedio de densidad de todo el banco fue de 0.41 colonias por m² (tabla VIII).

Tabla VIII. Densidad promedio de colonias de coral negro por profundidad y/o fecha de muestreo en el banco de La Partida. Las mayores densidades se presentan en negritas.

Profundidad (m)	Noviembre 2006 (colonias/m ²)	Julio 2007 (colonias/m ²)	Enero2008 (colonias/m ²)	Promedio (colonias/m ²)
35	0.18	0.23	0.37	0.26
30	0.65	0.24	0.54	0.42
27	0.74	0.52	0.39	0.55
PROMEDIO	0.52	0.33	0.43	0.41

Banco del Bajo de La Catedral

A continuación se presenta la densidad encontrada en cada uno de los transectos que se realizaron a 2 profundidades diferentes durante los 3 muestreos que se llevaron a cabo en el banco del Bajo de La Catedral a lo largo del año de monitoreo (Tabla IX).

Tabla IX. Densidad de colonias de coral negro obtenidas en todas los transectos realizados a 27 y 19 metros de profundidad durante Diciembre, 2006; Julio, 2007; y Enero 2008, en banco del Bajo de La Catedral.

Profundidad (m)	Diciembre 2006		Julio 2007		Enero 2008	
	Área muestreada (m ²)	Densidad Col/m ²	Área muestreada (m ²)	Densidad Col/m ²	Área muestreada (m ²)	Densidad Col/m ²
27	50	0.36	50	1.2	50	0.62
			50	0.4	50	0.36
19	50	1.38	50	1.2	50	0.78
			50	0.28	50	1.02
			50	0.4	50	0.70

Se puede observar que las mayores abundancias se presentaron a los 19 metros de profundidad. En promedio la densidad a los 19 metros fue de 0.94 colonias por m², mientras que a los 27 metros disminuyó a una densidad menor de un valor de 0.55 colonias por m². El promedio de densidad de todo el banco fue de 0.75 colonias por m² (tabla X).

Tabla X. Densidad promedio de colonias de coral negro por profundidad y/o fecha de muestreo en el banco del Bajo de La Catedral. Las mayores densidades se presentan en negritas.

Profundidad (m)	Noviembre 2007 (colonias/m ²)	Julio 2007 (colonias/m ²)	Enero 2008 (colonias/m ²)	Promedio (colonias/m ²)
27	0.36	0.80	0.49	0.55
19	1.38	0.62	0.89	0.94
PROMEDIO	0.87	0.71	0.66	0.75

5.3.4.1. Variación de la densidad de las colonias en función de la localidad

Los resultados de la prueba de U de Mann-Whitney muestran que las densidades observadas en cada banco son significativamente diferentes. En la figura 32 se presenta la gráfica de cajas de estos resultados, donde se observa que la densidad del banco del

Bajo de La Catedral es significativamente mayor a la que se presenta en el banco de La Partida.

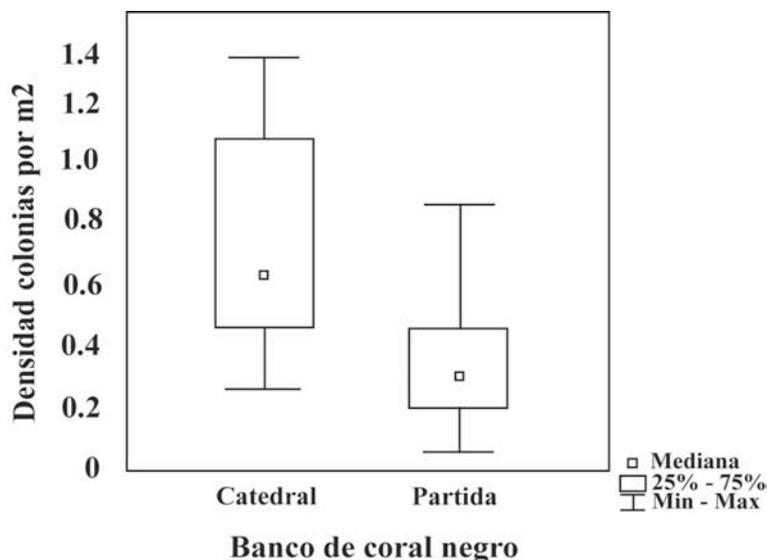


Figura 32. Gráfica de caja de las densidades obtenidas en los muestreos realizados en el banco de La Partida y el banco del Bajo de La Catedral.

5.4. Discusión y Conclusiones

Independientemente de las diferencias de densidad que se presentaron en función a la batimetría de cada banco y en general, entre los dos bancos, resulta importante destacar que la densidad máxima de colonias de coral negro que se presenta en nuestra área de estudio en su mayoría supera la densidad de colonias de coral negro reportada en la literatura (tabla XI). Las mayores densidades reportadas en la literatura se han presentado en las poblaciones de *Antipathes fiordensis* en Nueva Zelanda (Grange, 1985) con 0.68 colonias/m², así como en poblaciones de *A. pennacea*, *A. caribbeana* y *A. atlantica* en la zona Paamul del Caribe mexicano por donde se reportó de 0.56 colonias por m² muestreadas en un área 50 m² (Padilla-Souza, 1998). Mientras que en nuestro estudio se reportaron densidades hasta de 1.38 colonias por m².

Tabla XI. Densidades de poblaciones de coral negro reportadas en diferentes partes del mundo.

Referencia	Localidad	Especies de coral negro	Rango o Media (colonias/m ²)
Grigg(1976)	Hawaii	<i>Antipathes dichotoma</i> <i>Antipathes gaudis</i>	Media: 0.05
Goenaga (1977)	Jamaica	<i>Stichopathes lutkeni</i>	Rango: 0.03 a 0.50
Olsen & Wood (1980)	Islas Vírgenes Saint Croix	<i>Antipathes pennacea</i> <i>Antipathes salix</i>	Media: 0.037
Grange (1985)	Nueva Zelanda	<i>Antipathes fiordensis</i>	Media: 0.25
Padilla-Souza (1998)	Quintana Roo, México	<i>Antipathes pennacea</i> <i>Antipathes caribbeana</i> <i>Antipathes atlantica</i>	Rango: 0.05-0.50
Tazioli <i>et al.</i> (2007)	North Sulawesi, (Indonesia)	Varias: 16 spp	Media: 0.50
Wills <i>et al.</i> (2008)	La Paz BCS México	<i>Antipathes galapagensis</i>	Media: 0.56 Rango: 0.15-1.38

Por otro lado, los demás resultados de este estudio indican la existencia de diferencias en la estructura de tallas y densidad en función a factores relacionados con la estacionalidad, profundidad y localidad. El banco del La Partida se caracteriza por presentar un gran porcentaje de colonias grandes donde la mediana de su distribución cae en el intervalo de clase de los 80 y 90 cm, así como por tener una densidad promedio de 0.41 colonias por metro cuadrado. Por otro lado, el banco del Bajo de La Catedral se caracteriza en que la mayoría de las colonias son pequeñas, donde la mediana de su distribución cae en el intervalo de 50 y 60 cm, pero que además presenta una densidad de casi el doble a la que se presenta en el banco de La Partida, con un valor de 0.75 colonias por m².

Estos resultados nos indican que existen diferencias locales en cada banco, ya que a pesar de que se encuentran en zonas diferentes, están tan sólo a aproximadamente 8 kilómetros de distancia. A pesar de esta cercanía, es claro que en cada banco se presentan dinámicas individuales que juegan un efecto directo en la estructura de tallas de sus colonias y en la densidad de las mismas.

Esto lleva a plantear las siguientes dos hipótesis: 1) Las diferencias encontradas entre los dos bancos están directamente relacionadas con la calidad del hábitat que caracteriza a cada lugar. 2) Las diferencias encontradas entre los dos bancos está relacionada con la edad de cada banco. Cada una de estas hipótesis se analizará por separado.

Hipótesis 1: Calidad de Hábitat

El rango de distribución batimétrica que presentan los corales negros en general, está relacionada con factores como la disminución en la luz, la inclinación en el sustrato, la cantidad de alimento suspendido, los regimenes de marea, la exposición al oleaje, los eventos históricos y a las interacciones biológicas. El conjunto de estos factores determinan la calidad del hábitat, que a su vez se ve reflejado en la densidad y estructura de tallas de las colonias. A mayor calidad de hábitat se espera encontrar mayores densidades y una estructura de tallas con colonias de mayores tamaños. Por lo tanto, debido al gran número de factores que se pueden conjugar en diferentes magnitudes en cada lugar, las configuraciones de cada banco pueden ser altamente variables (Sánchez, 1998; Sánchez, 1999 in Tazioli *et al.*, 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, para el caso particular de nuestro estudio los factores que se cree que pueden estar jugando un papel en la calidad del hábitat y por ende en la estructura de tallas y densidad de las colonias son los siguientes: 1) El Sustrato; 2) El efecto mecánico del agua; 3) Transporte y disponibilidad de alimento

En sus estudios Grigg (1965) menciona que para *Antipathes grandis*, así como para algunos gorgonáceos, la presencia de un sustrato firme es fundamental para su crecimiento. Además plantea que el tipo y la textura del sustrato también son factores

limitantes en la distribución de estos organismos. En su área de estudio las texturas de mayor calidad que permiten una óptima adherencia son aquellas ligeramente rugosas, con pequeñas hendiduras y grietas, en donde por lo general se presentan altas densidades de colonias.

Para el caso de nuestra localidad en ambos bancos el sustrato se caracteriza por ser una plataforma de roca volcánica (Aranda-Gómez y Pérez-Venzor, 1986) cuya textura presenta pequeñas grietas y hendiduras que evidentemente favorecen la presencia de colonias de coral negro. Hacia los extremos más profundos de ambos bancos, dominan grietas de mayor tamaño y en algunos casos hasta pequeñas cuevitas, aunado a caídas de tipo cantil con pendientes pronunciadas. Justamente en esos extremos de los bancos, a diferencia de lo que plantea Grigg (1965), se presentan menores densidades de colonias que en las demás zonas del banco.

Se cree que esto se debe a que en estos extremos el área de adhesión de las colonias tiende a ser menor y su abundancia se ve fuertemente limitada a los espacios disponibles. Por el contrario, en zonas menos profundas (30 y 27 metros, para el caso del banco de La Partida y 19 metros para el caso del banco de La Catedral), se presentan largas plataforma rocosas, donde el sustrato es mucho más homogéneo sin pendientes pronunciadas, proveyendo una amplia área de adhesión que permite la presencia de colonias de gran tamaño, así como una mayor abundancia.

A pesar de que en ambos bancos se sigue un patrón en la disminución de la densidad a medida que la profundidad aumenta, la densidad entre cada uno de los bancos es significativamente diferente. Lo que nos indica que otra serie de factores independientes del sustrato (ya que este es muy similar en ambos bancos), pueden estarse presentando en diferentes magnitudes generando las diferencias observadas en

cada uno de los bancos. Lo cual conduce a pensar que otros factores como el efecto mecánico del agua y la disponibilidad de alimento, también pueden estar afectando a cada banco de una manera diferencial.

De acuerdo con Grigg (1965) el alimento y el oxígeno llegan a las colonias de corales por medio de corrientes y vórtices que también remueven los desechos metabólicos de las colonias. Se ha encontrado que para gorgonáceas, el flujo de agua unidireccional sobre un fondo rocoso, tiende a favorecer el crecimiento de estos corales. El efecto de las corrientes tiene un óptimo, pues en aguas calmas la acumulación de sedimento inhibe el crecimiento coralino, mientras que en aguas con corrientes extremas se da tanta abrasión por pequeños fragmentos de diversos materiales que las colonias se ven fuertemente afectadas. Esto por esto que se plantea que la condición ideal es aquella que presenta corrientes medias a moderadas (Hickson, 1932; Wells, 1957 en Grigg, 1965).

Otros estudios han demostrado que la respuesta de las colonias frente a los efectos de oleaje y corrientes esta relacionada con su tamaño y morfología. Se ha comprobado que las colonias de coral negro de menor tamaño se ven menos afectadas por estas condiciones debido a que presentan una menor área superficial para ser erosionada (Olsen y Wood 1980).

Si esta primera hipótesis fuera cierta, se puede explicar de la siguiente manera lo observado en el banco del Bajo de La Catedral: La presencia de fuertes corrientes limita el crecimiento y afecta la morfología de las colonias dando como resultado un gran número de colonias pequeñas. Sin embargo, la misma magnitud de las corrientes, también genera un transporte elevado de nutrientes y remoción de desechos que benefician a la población, lo cual junto con un sustrato óptimo, dan como resultado una

gran densidad de colonias, que a su vez, por el hecho de ser pequeñas y abarcar una menor área, no generan competencia intraespecífica que afecte de manera negativa esta alta densidad.

En el caso del banco de La Partida, donde se encuentran colonias de mayor tamaño, pero en general se presenta una menor densidad se cree que suceden eventos diferentes. Por un lado, el hecho de que las colonias sean de mayor tamaño, es un reflejo de que la corriente no es tan abrupta como para limitar su tamaño y afectar su morfología de la forma en que sucede con las colonias del banco del Bajo de La Catedral. Así mismo, su gran tamaño también es indicativo de la presencia óptima de alimento y de un sustrato adecuado. Esto en conjunto da como resultado colonias arbustivas altas y frondosas, que por un lado abarcan una mayor área (disminuyendo por tanto el valor de densidad) y a su vez disminuyen hábitat disponible para nuevos reclutas, marcando así una fuerte diferencia entre las estructuras de tallas de cada banco.

Hipótesis 2: Regla del “Self Thinning”

La segunda hipótesis que planteamos para explicar las diferencias entre los bancos, está relacionada a un evento análogo que sucede en los bosques que se denomina “self-thinning rule”. A medida que una población crece, acumula biomasa hasta que alcanza un límite denominado “self-thinning line”. A partir de este punto, sigue una trayectoria en la cual la densidad de la población debe reducirse para que la biomasa aumente. En poblaciones en donde el alimento o el espacio juegan un papel limitante, el aumento del tamaño corporal da como resultado un aumento en la necesidad de espacio y requerimientos energéticos. Por lo que a medida que aumenta el

tamaño de las colonias en tiempo o espacio, el número de organismos que puede soportar el ambiente disminuye (Begon *et al.*, 1986; Dunham y Vinyard, 1997).

De tal forma, que las diferencias encontradas en cada uno de los bancos respecto al tamaño de las colonias y la densidad de las mismas, tienen que ver con que tan cercano están a este evento de “self-thinning”. Sugiriendo que la población del banco de La Partida, ya pasó ese límite, mientras que la población del banco de La Catedral, aun no ha llegado a éste, también conocido como “self-thinning line”.

Esta hipótesis, permite explicar las diferencias entre las densidades y la estructura de tallas de cada banco, pero no necesariamente excluye a la primera hipótesis, ya que se ha demostrado que la velocidad a la cual llegan las poblaciones al “self-thinning line”, depende de las condiciones ambientales. Por lo tanto, se sugiere que las diferencias encontradas en cada uno de los bancos están explicadas por la calidad de hábitat, es decir, por la hipótesis 1.

Independientemente de estas dos hipótesis, que explican las diferencias entre la estructura de tallas y densidad de cada banco, los resultados que se obtuvieron en relación al efecto de la estacionalidad en la estructura de tallas de las colonias en cada uno de los bancos, hacen notar que además de lo anterior existen otros factores que generan diferencias en las distribuciones, pero lejos de actuar de manera local, actúan de manera regional. De tal forma que el efecto de estos factores regionales actúan de manera similar en cada banco, independiente de todas las diferencias que tengan entre sí, plasmando el comportamiento que se describe a continuación.

En ambos bancos, la estructura de tallas durante el mes de Julio del 2007 tiende a ser diferente a las demás. Es posible que esta variación en la estructura de tallas esté reflejando un evento cercano de reclutamiento, lo cual explica la presencia de colonias

de menor tamaño. Así mismo, la ausencia de colonias de este tamaño en la temporada siguiente de muestreo puede ser un reflejo directo del crecimiento de estas pequeñas colonias o de su mortalidad.

Por otro lado, otra diferencia que destaca del patrón encontrado en la estructura de tallas del mes de Julio del 2007 en ambos bancos, es que aparentemente hay una disminución en el número de colonias del extremo superior del rango de distribución de la estructura de tallas; es decir de que las colonias grandes disminuyen y por tanto el valor de la media de la estructura de tallas decrece. Lejos de ser un evento de mortalidad de colonias de gran tamaño, lo que esto refleja es una disminución en la altura máxima de las mismas, lo cual puede ser causado por un evento de poda de las ramas superiores, que fueron las que se tomaron como referencia para medir la altura máxima de las colonias. Inclusive si este evento de poda es generalizado para las colonias de todos los tamaños, también puede explicar la presencia de colonias de menor tamaño que lejos de ser en su totalidad nuevos reclutas, pueden ser colonias que fueron podadas y por lo tanto al ser muestreadas caen en un intervalo de talla menor.

Este evento de poda puede ser producto de varios factores, tales como: 1) interacciones bióticas: mayor incidencia de organismos ramoneadores, que tengan un efecto de poda en las ramas de las colonias; 2) efecto de la dinámica del agua: aumento en las corrientes y por ende poda por fricción entre las mismas ramas de las colonias; entre otros posibles causantes que en conjunto, pueden generar estas variaciones en esta temporada del año. Sin embargo, para corroborarlo es fundamental llevar a cabo estudios mas precisos que busquen establecer esto como objetivo particular.

Antes de continuar, resulta importante hacer un paréntesis para resaltar que este patrón generalizado que se encontró en los dos bancos, no se observó a los 27 metros de

profundidad en el banco del Bajo de La Catedral. Esto no necesariamente quiere decir que no esté ocurriendo, sino que puede estar indicando que en cada una de las ocasiones se muestreó en diferentes lugares y que debido a la heterogeneidad del banco a esa profundidad, las estructuras de tallas fueron significativamente diferentes entre sí. Debemos recordar que precisamente a esta profundidad es donde deja de presentarse la plataforma rocosa homogénea y se dan caídas y grietas abruptas. Esto por un lado hace que la distribución de las colonias deje de ser homogénea y se limite a zonas donde pueden permanecer adheridas, generando una distribución de tipo parche muy marcada. Si esto se complementa con el hecho de que en zonas de caídas y grietas el muestreo se dificulta y por ende el modo de trazar el transecto pudo variar en función a los buzos que lo llevaron a cabo durante cada uno de los meses de muestreo, no es improbable que las diferencias encontradas en la distribución de las colonias estén directamente relacionadas con errores o variaciones en el método de muestreo, que con cambios acelerados en las estructura de tallas de las colonias en función a la estacionalidad.

6. PATRONES CRECIMIENTO

6.1. Introducción

La producción en los stocks cerrados a la migración, es una mezcla de la mortalidad, del reclutamiento de nuevos organismos en la población y del crecimiento de los individuos, donde este último ha sido uno de los aspectos más estudiados en poblaciones explotadas. Es por esto que existe una enorme cantidad de literatura acerca del crecimiento de los individuos en el ramo de la ecología pesquera (Ebert, 1999; Quinn y Deriso, 1999; Haddon, 2001).

A largo de la historia se han aplicado varias descripciones matemáticas para retratar el crecimiento de los organismos. Una de las funciones de crecimiento más utilizada ha sido la ecuación de von Bertalanffy. Mediante esta ecuación se puede establecer el tamaño de un organismo en función a su edad (Ebert, 1999; Haddon, 2001).

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Ecuación 1.

Donde L_t es la talla del organismo a la edad t , L_∞ es el promedio asintótico de la talla máxima, K es un coeficiente de la tasa de crecimiento que determina que rápido se alcanza la talla máxima y t_0 es la edad hipotética a la cual los individuos de una especie tienen una talla de cero (este valor fija la posición de la curva de crecimiento al eje de las x y puede afectar su inclinación) (Haddon, 2001).

Actualmente, los métodos de estimación de crecimiento en poblaciones silvestres marinas derivan de tres grandes fuentes; 1) aquellos basados en edades estimadas a partir del conteo de anillos de crecimientos en partes duras, como escamas, otolitos y

vértebras; 2) aquellos basados en experimentos de marcado y recaptura; y 3) aquellos basados en la descomposición multimodal de las distribuciones de frecuencia de tallas. La mayoría de estos métodos, buscan caracterizar el crecimiento de la población en términos de los tres parámetros de la ecuación de von Bertalanffy: L_{∞} , K y t_0 . La ventaja de los métodos descritos anteriormente, se basa en que utilizan procedimientos de estimación suficientemente robustos para el análisis de los datos, dentro de los que se destaca la verosimilitud (Welsford y Lyle, 2005). La verosimilitud, utilizada como criterio de calidad de ajuste, por lo general se caracteriza como la determinación o búsqueda del grupo de parámetros del modelo que maximicen la probabilidad de que los valores observados en la naturaleza, puedan ocurrir dados el modelo en particular y los parámetros seleccionados. El uso de una función de verosimilitud requiere que el modelo sea definido de tal forma que especifique las probabilidades de cada una de las observaciones en función de los valores de los parámetros y otras variables del modelo. Para obtener las verosimilitudes es necesario definir como se distribuyen los errores residuales alrededor de los valores esperados derivados del modelo (Haddon, 2001; Hilborn y Mangel, 1997).

El ajustar los modelos de crecimiento con métodos de máxima verosimilitud permite comparar las estimaciones de los parámetros y determinar si se llevó a cabo una parametrización óptima dentro de los modelos. Así mismo, los métodos computacionales intensivos proveen una alternativa para estimar distribuciones de probabilidades aproximadas de los parámetros de interés, así como para generar intervalos de confianza que permitan probar diferencias entre las estimaciones de los parámetros y para visualizar relaciones entre los parámetros. El aplicar en conjunto estos métodos, permite generar estimaciones de parámetros que son interpretables desde

el punto de vista biológico y que permiten utilizar pruebas robustas para comparar poblaciones (Kimura, 1980; Francis 1988a, Mooij *et al.*, 1999 en Welsford y Lyle, 2005; Haddon, 2001).

6.2. Métodos

6.2.1. Marcado-Recaptura

Varios procedimientos se pueden utilizar para estimar parámetros, si se conoce el tamaño y la edad de los individuos. Sin embargo en poblaciones naturales, por lo general se desconoce la edad de los individuos. Los estudios de marcado y recaptura en su mayoría, se llevan a cabo para obtener información acerca del crecimiento especialmente cuando la determinación de edad no se conoce con exactitud, es difícil de establecer, o el organismo no puede ser colectado. La información acerca de crecimiento se puede deducir mediante la relación entre el cambio de tamaño de los organismos marcados y el tiempo transcurrido entre el marcado y la recaptura (Ebert, 1999; Quinn y Deriso, 1999).

Para el caso específico de determinación de edad y crecimiento en coral negro, los métodos de tipo marcado-recaptura se han llevado a cabo en el trabajo realizado para las especies de coral negro de importancia comercial en el caribe mexicano (Padilla-Souza, 1998), así como en los estudios realizados por Grigg (1976) en Hawai y por Grange (1985) en Nueva Zelanda.

Considerando que nuestra zona de estudio se ubica en un Área Natural protegida, para la estimación de crecimiento de las colonias de coral negro se implementaron técnicas no extractivas, que en este caso consistieron en procedimientos de mercado-recaptura. La tasa de crecimiento se determinó mediante la

estimación del cambio de la altura máxima de las colonias a lo largo del tiempo de monitoreo. Es importante señalar que para determinar diferencias en las tasas de crecimiento en función a la edad (talla), las colonias que se seleccionaron fueron de un amplio rango de tallas para asegurar una buena definición de los parámetros a estimar. Este procedimiento se llevó a cabo en una misma profundidad en donde se observaron las mayores abundancias. Estas fueron específicas para cada banco y se determinaron durante los muestreos de prospección y luego se corroboraron en los muestreos de densidad.

6.2.1.1. Procedimiento de marcado

Una pareja de buzos realizó el marcaje de colonias que fueron monitoreadas estacionalmente. En cada banco se seleccionaron de 20 a 30 colonias de coral negro de diferentes tamaños, procurando representar la totalidad de tallas que se encontraron en el área de monitoreo. Cada una se marcó con placas de estireno debidamente rotuladas, las cuales se sujetaron con cinchos de plástico en la base de las ramificaciones secundarias o en un lugar donde no afectaran el crecimiento o la salud de la colonia, pero que tampoco corrieran el riesgo de que se desprendieran por la corriente. Después de ocho meses de monitoreo, se observó una abundante colonización de parte de otros organismos en las placas de estireno. Por lo cual, se determinó remarcar las colonias utilizando boyas de poliestireno que sobresalieran aproximadamente 50 cm arriba de las colonias.

A cada una de las colonias marcadas se les tomó la altura máxima la cual se definió como la longitud desde la base de la colonia hasta la punta de la rama más lejana (fig. 33). Esta medición se evaluó usando un tubo de aluminio rotulado con una cinta métrica de 10 mm de precisión. Para esto se seleccionó la rama principal de la colonia y

se midió desde la base hasta el ápice. Esta técnica de medición fue sugerida por el Dr. Tony Montgomery de la División de Recursos Acuáticos del Depto. de Recursos Naturales de Hawai, quien la implementa en los estudios de corales negros en Hawai (Montgomery, 2006).

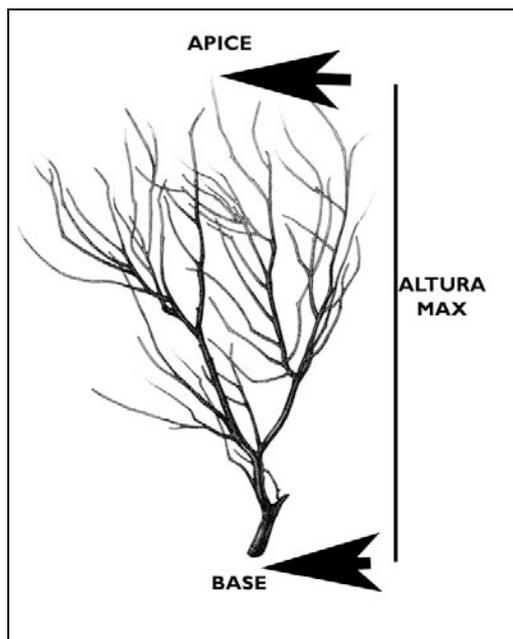


Figura 33. Medida de Altura Máxima

Para el caso particular de este estudio se utilizaron las mediciones de la altura máxima de la colonia a lo largo tres periodos diferentes entre el marcado y la recaptura. En el primer periodo (t_1) que se realizó en Diciembre del 2006, se llevó a cabo el proceso de marcado inicial de las colonias. El segundo periodo (t_2) fue en Julio del 2007, en donde se llevó a cabo la primera recaptura y un segundo marcado. El tercer periodo (t_3) se llevó a cabo en Enero del 2008 y consistió en la última recaptura.

Las diferencias en el intervalo de tiempo fueron consecuencia de problemas con el muestreo asociados a fuertes vientos estacionales que disminuyen severamente la visibilidad subacuática, así como pérdida de las placas de identificación. Estas diferencias no tienen efecto alguno en las estimaciones de los parámetros.

6.2.2. Método de Fabens

La estimación de los parámetros de crecimiento para cada uno de los bancos se determinó mediante la estimación del cambio de la altura máxima, utilizando una extensión del método de Fabens descrito en Haddon (2001). En el contexto de este proyecto, el término recaptura se refiere a las mediciones sucesivas de la altura máxima para las colonias marcadas.

Este método consiste en la reformulación de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy en términos de incremento de tallas después de un intervalo de un tiempo específico y una talla inicial conocida, para ajustar estos datos en la curva de crecimiento. Es importante mencionar que el método de Fabens no permite estimar el parámetro t_0 de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy pero estableciendo un valor fijo, puede ser utilizado para trazar la curva de crecimiento.

A continuación se presenta el método propuesto por Fabens (1965 en Haddon, 2001).

$$\Delta L_{esp} = (L_{\infty} - L_t) \left(1 - e^{-K\Delta t} \right)$$

Ecuación 2

$$\Delta L = (L_{t+\Delta t} - L_t)$$

Ecuación 3

De tal forma que para un organismo de talla L_t , el cambio de talla a lo largo de un periodo de tiempo definido como Δt , se define como ΔL .

Los parámetros L_{∞} y K , se obtienen mediante la implementación de un método máximo verosímil. La función de máxima verosimilitud (V) utilizada para el análisis se presenta a continuación,

$$-LnV(L_{\infty}, K / \text{datos}) = -\sum Ln \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\Delta L_{obs} - \Delta L_{esp})^2}{2(f(\sigma))^2}} \right]$$

Ecuación 4

Nótese que función de máximo verosimilitud presenta la varianza σ^2 en términos de una función $f(\sigma)$. Esto se debe a que tanto la estimación de los parámetros, como su interpretación pueden variar en función a estructura de variación de sus residuales. Por esto, antes de asumir una estructura en particular, es fundamental determinar cual es la que mejor describe a los datos (Haddon, 2001). Esto resulta importante ya que establecer una estructura de varianza que asemeje a la de la población es fundamental para tener una óptima estimación de los parámetros (Schnute y Fournier, 1980; Fournier y Breen, 1983).

Por lo tanto, con el fin de analizar otras estructuras de variación de los residuales, se utilizaron cuatro formulaciones de la desviación estándar para el análisis de los datos, propuestas en Haddon (2001). Estas estructuras son un reflejo de cómo varían las tallas individuales a la edad, con respecto a la curva de crecimiento (Brodziak y Macy, 1996; Hearn y Polachek, 2003). Estas formulaciones se describen a continuación.

Caso 1: La desviación estándar tiene un efecto constante en los residuales:

$$f(\sigma) = \sigma$$

Ecuación 5

Caso 2: La desviación tiene un efecto en los residuales de carácter proporcional con respecto al valor de ΔL_{esp} :

$$f(\sigma) = v(\Delta L_{esp})$$

Ecuación 6

Caso 3: La desviación estándar tiene un efecto siguiendo un patrón Log normal, donde se incorpora una nueva constante τ :

$$\sigma = \tau \left(1 - e^{-v\Delta L_{esp}} \right)$$

Ecuación 7

Caso 4: La desviación estándar tiene efecto de carácter potencial:

$$\sigma = v\Delta L_{esp}^{\tau}$$

Ecuación 8

De acuerdo con Francis (1988 en Haddon, 2001) todas estas reformulaciones de la variancia permiten abordar posibles sesgos en las mediciones, así como variaciones estacionales en las tasas de crecimiento e inclusive la presencia de datos extremos. Es por esto que se utilizaron para analizar los datos obtenidos del mercado y recaptura en cada uno de los bancos de coral negro monitoreados.

En cada uno de los casos, los parámetros fueron estimados utilizando un ajuste no lineal basado en el método de Newton mediante la herramienta de Solver en Excel. Así mismo, se estimaron intervalos de confianza utilizando los perfiles de verosimilitud que se describen en la ecuación 9.

Para la obtención de los intervalos de confianza de los parámetros L_{∞} y K , se utilizó un perfil de verosimilitud y su estimación fue con base a una distribución χ^2 , con m grados de libertad, donde m es igual a 1 (Venzon y Moolgavkor, 1988; Hilborn y Mantel, 1997 en Morales y Nevárez, 2005).

Para un parámetro individual denominado p , el intervalo de confianza se definió como todos aquellos valores de p que satisficieran la siguiente desigualdad,

$$2[V(Y|P_{est}) - V(Y|p)] < \chi^2_{1,1-\alpha}$$

Ecuación 9

Donde $V(Y|P_{est})$ es la log-verosimilitud negativa del valor más probable de p , y $\chi^2_{1,1-\alpha}$ aporta los valores de la distribución χ^2 con 1 grado de libertad a un nivel de confianza de $1 - \alpha$. De tal forma que un 95% de intervalo de confianza para p , abarca todos los valores de p que son el doble de la diferencia entre el mejor valor estimado del negativo de la log-verosimilitud para p y los valores negativos de la log-verosimilitud que son menores a 3.84 (Pawitan, 2001 en Morales y Nevárez, 2005).

6.2.2.1. Criterio de Información de Akaike

Debido a que se utilizaron 4 modelos con diferentes reformulaciones de la varianza, fue necesario contar con un criterio que permitiera seleccionar el mejor modelo. Para ello se compararon los ajustes obtenidos utilizando el criterio de información de Akaike (AIC), el cual se describe de la siguiente manera:

$$AIC = -2LnV + 2P$$

Ecuación 10

Donde V es el valor de verosimilitud obtenido en el análisis de cada caso y P es el número de parámetros estimados por el modelo. De tal forma que el modelo que presente una mayor parsimonia obtendría un menor valor de Akaike (AIC) y por ende se calificaría como el mejor modelo (Haddon, 2001).

6.3. Resultados

Durante la primera temporada de recaptura que se llevó a cabo en Julio del 2007 en ambos bancos, no fue posible recuperar las marcas de la mayoría de las colonias. Esto sucedió debido a que las placas con las que se marcaron presentaron una colonización acelerada por parte de epibiontes lo cual impidió el reconocimiento de las marcas y la lectura de los números. Por lo tanto, se llevó a cabo un segundo procedimiento de marcado en esa misma fecha para ambos bancos.

Por lo anterior, los datos de marcado y recaptura se dividen en los siguientes tres periodos: **1)** t_1-t_2 : Diciembre del 2006 a Julio del 2007 (primer marcado a primera recaptura). **2)** t_2-t_3 : Julio del 2007 a Enero 2008 (segundo marcado a segunda recaptura). **3)** t_1-t_3 : Diciembre del 2006 a Enero del 2008 (primer marcado a segunda recaptura).

Los resultados del procedimiento de marcado y recaptura se presentan en la figura 34. La figura 34A presenta los resultados para el banco de La Partida en donde se recapturaron un total de seis colonias del periodo **1)** t_1-t_2 y dos colonias del periodo **2)** t_2-t_3 . Por otro lado la figura 34B presenta los resultados para el banco del Bajo de La Catedral en donde se recapturaron cuatro colonias del periodo **1)** t_1-t_2 , otras cuatro del periodo **2)** t_2-t_3 y cuatro más del periodo **3)** t_1-t_3 .

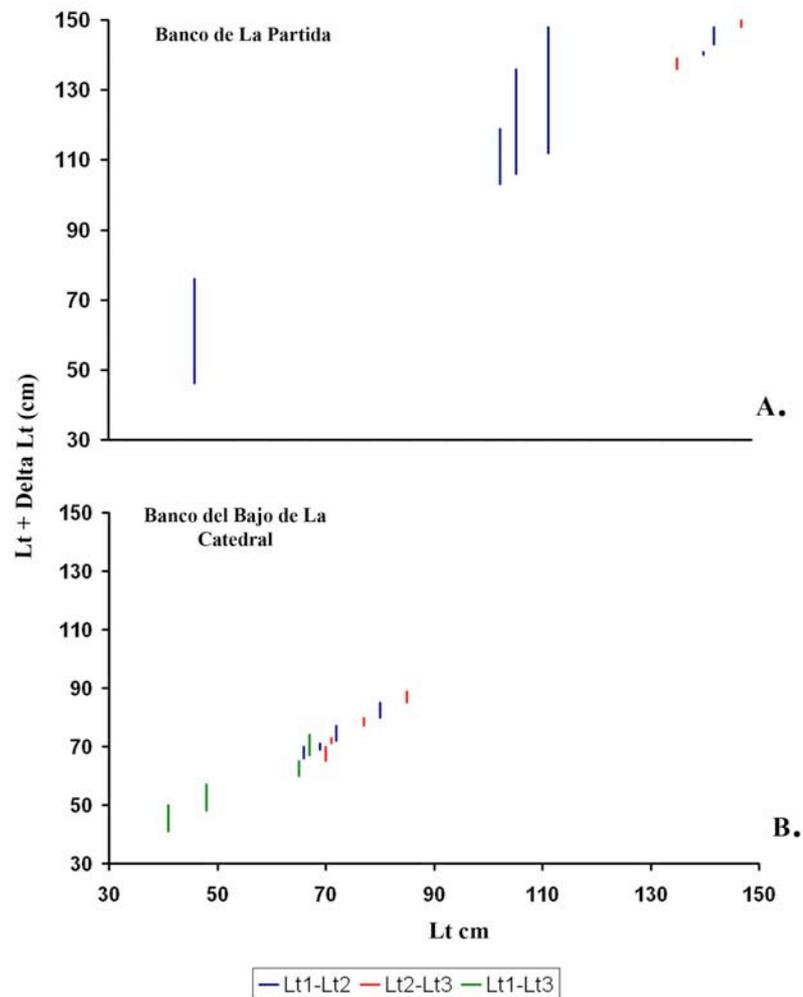


Figura 34. Cambio en la altura máxima de las colonias a lo largo de diferentes periodos de marcado y recaptura. A) Banco de La Partida; B) Banco del Bajo de La Catedral.

La Partida

El incremento promedio en altura máxima de las colonias recapturadas en el banco de La Partida fue de 19.3 cm durante un periodo de 8 meses (2.41 cm/mes). Los parámetros L_∞ y K junto con su valor de verosimilitud correspondiente, se presentan en la tabla XII y los intervalos de confianza correspondientes ($\alpha < 0.05$) en la tabla XIII.

Tabla XII. Parámetros estimados y el valor de la verosimilitud para los cuatro casos analizados para el banco de coral negro de La Partida

Caso	L_{∞} (cm)	K	σ	ν	τ	Verosimilitud
1. σ Constante	173.08	0.52	9.19	--	--	29.10
2. σ Proporcional a ΔL_{esp}	168.38	0.54	--	0.70	--	28.83
3. σ Patrón Log normal	163.54	0.62	--	0.09	13.4	28.26
4. σ Potencial	160.95	0.69	--	2.21	0.53	28.48

Tabla XIII. Intervalos de confianza a partir de los perfiles de la Log-verosimilitud negativa ($\alpha < 0.05$), para los parámetros L_{∞} y K de cada caso analizado.

Casos	L_{∞} (cm)	K
1. σ Constante	165-180	0.42-0.64
2. σ Proporcional a ΔL_{esp}	168-173	0.52-0.58
3. σ Patrón Log normal	160-170	0.55-0.80
4. σ Potencial	155-170	0.60-1.05

Los perfiles de verosimilitud para los parámetros L_{∞} y K , se presentan en la figura 35. Donde se asume que la desviación de los residuales sigue una función constante (fig. 35A), proporcional a ΔL_{esp} (fig. 35B), log normal (fig. 35C) y potencial (fig. 35D).

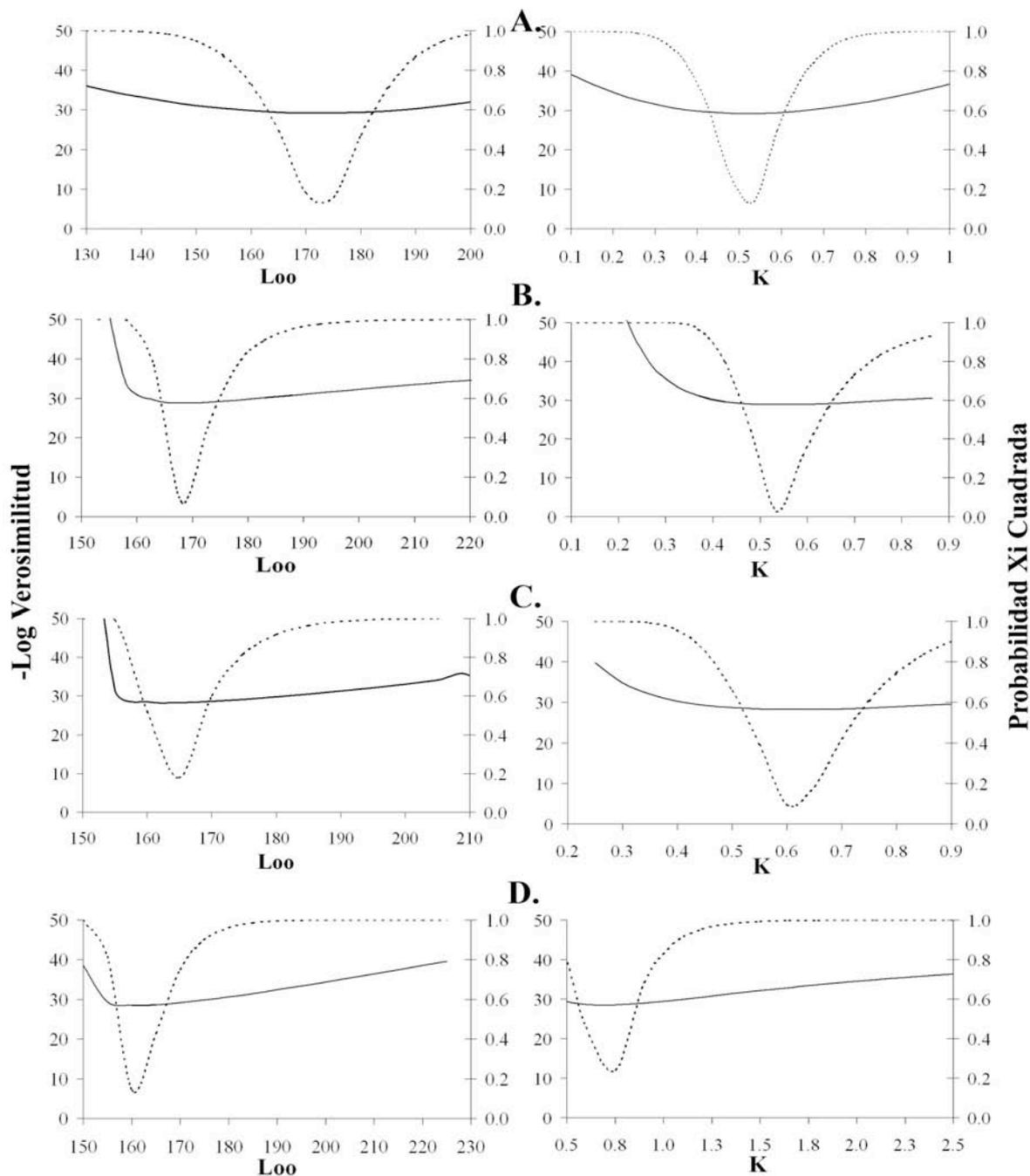


Figura 35. Perfiles de verosimilitud de los parámetros L_{∞} y K estimados para el banco de La Partida, donde se asume que la desviación de los residuales sigue una función constante (A), σ Proporcional a ΔL_{esp} (B), Log normal (C) y potencial (D). La línea sólida representa el perfil de verosimilitud y la línea punteada la probabilidad χ^2 donde $\alpha=0.05$

La tabla XIV presenta los resultados obtenidos a partir del criterio de información de Akaike (AIC) para los cuatro casos analizados. El caso que presenta el menor valor de AIC es aquel en donde se asume que la varianza de los residuales tiene un patrón de

variación proporcional a ΔL_{esp} (Caso 2). Este caso fue considerado como el mejor modelo para el Banco de La Partida

Tabla XIV. Selección del mejor caso para el banco de La Partida, utilizando el Criterio de Información de Akaike (AIC). El caso que presenta el menor valor de AIC se presenta en negrillas

Caso	-Log Verosimilitud	No. de Parámetros	AIC
1. σ Constante	29.10	3	64.38
2. σ Proporcional a ΔL_{esp}	28.83	3	63.68
3. σ Patrón Log normal	28.26	4	64.51
4. σ Potencial	28.48	4	64.96

Banco de La Catedral

En el banco del Bajo de La Catedral el incremento promedio de altura máxima de las colonias recapturadas fue de 4.7 cm durante un periodo de 12.5 meses (0.37 cm/mes). Los parámetros de crecimiento L_{∞} y K y su valor de verosimilitud correspondiente, se presentan en la tabla XV y los intervalos de confianza ($\alpha < 0.05$) en la tabla XVI.

Tabla XV. Parámetros estimados y el valor de la verosimilitud para cuatro casos analizados para el banco de coral negro del Bajo de La Catedral.

Caso	L_{∞} (cm)	K	σ	v	τ	Verosimilitud
1. σ Constante	125.28	0.08	3.96	--	--	33.56
2. σ Proporcional a ΔL_{esp}	156.01	0.05	--	1.27	--	33.30
3. σ Patrón Log normal	99.10	0.13	--	65.37	3.93	33.46
4. σ Potencial	136.61	0.06	--	2.02	0.56	33.08

Tabla XVI. Intervalos de confianza generados a partir de los perfiles de la log-verosimilitud negativa ($\alpha < 0.05$), para los parámetros L_{∞} y K , en cada uno de los casos analizados para el banco de coral negro del Bajo de La Catedral.

Casos	L_{∞} (cm)	K
1 σ Constante	110-150	0.06-0.11
2. σ Proporcional a ΔL_{esp}	145-175	0.05-0.06
3. σ Patrón Log normal	90-115	0.11-0.19
4. σ Potencial	125-160	0.05-0.08

Los perfiles de verosimilitud para cada uno de los casos analizados se presentan en la figura 36, donde se asume que la desviación de los residuales sigue una función constante (fig. 36A), proporcional a ΔL_{esp} (fig. 36B), Log normal (fig. 36C) y potencial (fig. 36D).

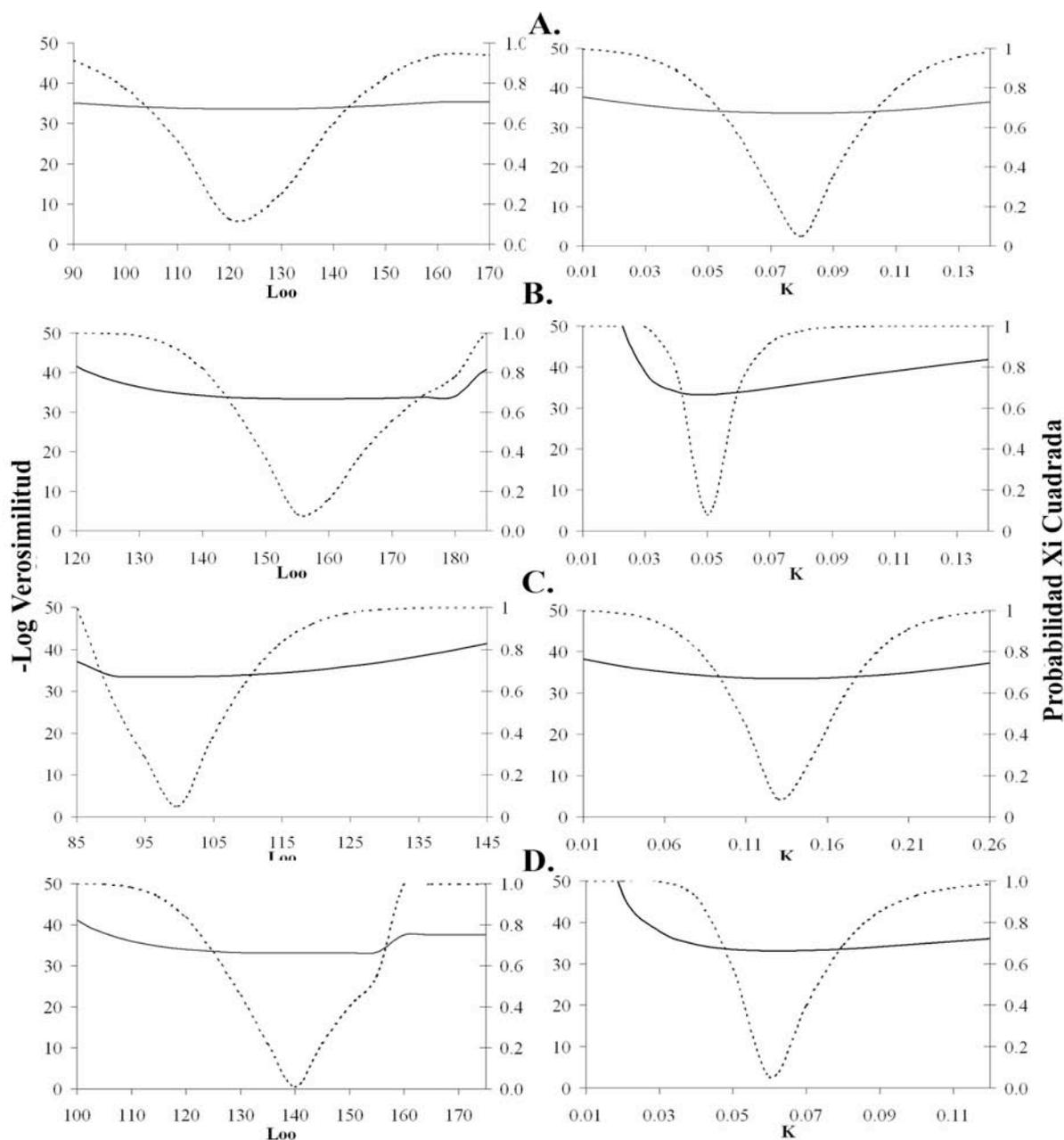


Figura 36. Perfiles de verosimilitud de los parámetros L_{∞} y K estimados para el banco del Bajo de La Catedral, donde se asume que la desviación de los residuales sigue una función constante (A), σ Proporcional a ΔL_{esp} (B), Log normal (C) y potencial (D). La línea sólida representa el perfil de verosimilitud y la línea punteada la probabilidad χ^2 donde $\alpha=0.05$

La tabla XVII presenta los resultados obtenidos a partir del criterio de información de Akaike (AIC) para los cuatro casos analizados. El caso que presenta el menor valor de AIC es aquel en donde se asume que la varianza de los residuales tiene un patrón de variación inversamente lineal (Caso 2), el cual fue considerado como el mejor modelo para el banco de La Catedral.

Tabla XVII. Selección del mejor caso del Método de Fabens para el Banco de La Catedral, utilizando el Criterio de Información de Akaike (AIC). El menor valor de AIC se presenta en negrillas.

Caso	-Log Verosimilitud	Número de Parámetros	AIC
1. σ Constante	33.56	3	73.12
2. σ Proporcional a ΔL_{esp}	33.30	3	72.60
3. σ Patrón Log normal	33.46	4	74.92
4. σ Potencial	33.08	4	74.15

Los datos y los modelos seleccionados a partir del criterio de AIC para ambos bancos se presentan en la figura 37.

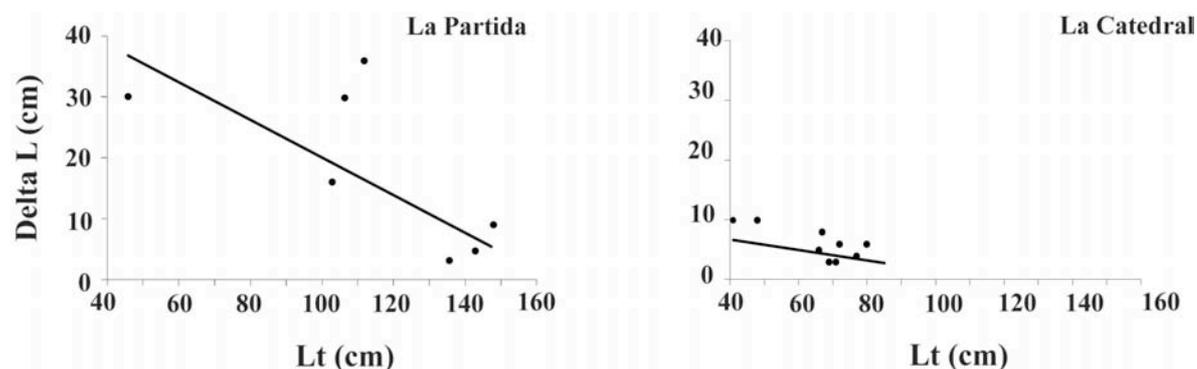


Figura 37. Representación gráfica del ajuste del mejor modelo a partir de AIC para cada banco.

6.4. Discusión y Conclusiones

El ajuste que se llevó a cabo junto con la selección del modelo de mayor parsimonia a partir del AIC, estimó el valor de L_{∞} en 168.4 cm y el de K en 0.54 para el banco de La Partida, mientras que para el banco del Bajo de La Catedral el valor

estimado para L_{∞} fue 156.01 cm y el de K fue de 0.05. En ambos casos el modelo que mejor describió el comportamiento de los datos indicó que la varianza se comporta de una manera proporcional con respecto a ΔL_{esp} . Por lo tanto a medida que disminuye el valor de ΔL_{esp} se da una disminución en el valor de la varianza de los datos. Esta disminución de ΔL_{esp} a medida que el valor de L_t aumenta, se observa en la figura 34 y es consecuencia de la disminución en la tasa de crecimiento de las colonias a medida que aumentan de talla, lo cual da como resultado una disminución proporcional en su varianza. Así mismo, en cuanto a las tallas pequeñas se observa un mayor valor de ΔL_{esp} , y por lo tanto una mayor varianza en sus datos. Dando en conjunto como resultado heterocedasticidad en el modelo.

Esto difiere con lo reportado por Grigg (1976), donde menciona que las colonias de coral negro que marcaron en Hawai no presentaron diferencias de crecimiento en función de su tamaño. Sin embargo, en su estudio no marcaron colonias superiores a 150 cm de altura, por lo que no consideraron un posible decremento en la varianza debido a un cambio en la tasa de crecimiento de colonias de estos grandes tamaños, como el que se observó en nuestro estudio (fig. 34).

Banco de La Partida

Los parámetros estimados para el banco de La Partida son congruentes con las observaciones cualitativas y la estructura de tallas que se presenta en el capítulo 5. Específicamente en el caso de la L_{∞} , estimada en 168.4 cm, su valor es sumamente cercano al de las colonias de mayor tamaño que se observaron en este banco, las cuales se localizaron dentro del intervalo de 150 a 160 cm de altura máxima.

Por otro lado, el caso del valor estimado para K de 0.54, junto con el promedio de incremento en altura máxima de 19 cm en 8 meses, son considerablemente elevados

en comparación con otros casos reportados en la literatura (tabla VXIII). Dentro de los cuales destaca el caso de Hawai, en donde las tasas de crecimiento de los corales negros de esta localidad *Antipathes grandis* y *A. dichotoma* son de 6.42 y 6.12 cm/año respectivamente (Grigg, 1976).

Tabla XVIII. Tasas de crecimiento de diferentes especies de coral negro reportadas en la literatura.

Referencia	Localidad	Especie	Crecimiento (Cambio en altura) cm./año
Warner (2005)	Jamaica	<i>Stichopathes lutkeni</i>	Juveniles (11-83)
Goenaga (1977)	Jamaica	<i>Stichopathes lutkeni</i>	Variedad Café: Laboratorio : 8 Campo: 7 Variedad Amarillo: Laboratorio: 6 Campo: 3
Oakley 1988)	Jamaica	<i>Antipathes pennacea</i>	5.7
Love et al.(2007)	California: Sta Cruz	<i>Antipathes dendrochristos</i>	1.5
Grange, 1985	Nueva Zelanda	<i>Antipathes fiordensis</i>	1er año: 7.2 2do año: 5.3 3er año: 4.6 4to año: 3.5 Años posteriores: 2.9
Padilla-Souza (1998)	Q.Roo	<i>Antipathes pennacea</i> <i>Antipathes caribean</i>	10 cm/8 meses
Grigg, 1976	Hawaii	<i>Antipathes dichotoma</i> <i>Antipathes grandis</i>	6.42 6.12

Es importante recalcar que las tasas de crecimiento que se determinaron en este estudio son en función al incremento en altura. Esto no cuantifica el engrosamiento del tallo o su utilidad para joyería, sino que puede ser una expresión de un alongamiento acelerado de una rama de la colonia. Esto debe de tenerse presente, ya que el hecho de que haya un incremento en la altura máxima no necesariamente implica que a esta misma tasa se esté generando material de utilidad para joyería. De todas maneras no se debe ignorar que las tasas de crecimiento observadas en este banco, presentan una de las

mayores tasas de crecimiento por elongación en la altura máxima, reportadas en la literatura.

Debido a que varios autores plantean que un año de monitoreo no es un intervalo de tiempo suficientemente confiable para determinar la tasa de crecimiento de los corales negros (Olsen y Wood, 1980; Padilla-Souza, 1998; Montgomery, 2006), para corroborar esta tasa de crecimiento, como referencia se utilizó una colonia de coral negro que se encontró en el muelle de una marina, construida en la ciudad de La Paz durante el verano del 2004. De tal forma que se planteó lo siguiente:

Si la marina fue construida en el 2004, la colonia de coral negro no puede ser mayor de 4 años. Por lo tanto, la medida de su longitud total dividida entre 4 años, daría como resultado la tasa de crecimiento anual más conservadora.



Figura 38. Colonia de coral negro encontrada en un muelle de una marina construida en el 2004 en La Paz, BCS.

La altura máxima de la colonia fue de 164 cm (fig. 38) y por lo tanto la tasa de crecimiento promedio, planteando una edad de 4 años, fue de 41 cm por año. Esto demuestra que estos corales tienen un potencial de crecimiento por elongación muy alto y que las tasas de crecimiento observadas, así como el valor de los parámetros de crecimiento estimados para el banco de La Partida no están desfasados. Además, cabe mencionar que este planteamiento se llevó a cabo sugiriendo la edad más conservadora que sería de 4 años, aunque puede ser menor. Sin embargo ésta fue más que suficiente para corroborar la factibilidad de la tasa de crecimiento encontrada en el banco de La Partida.

Banco del Bajo de La Catedral

Los parámetros estimados para el banco del bajo de La Catedral difieren de los estimados para el banco de La Partida pero son congruentes con las observaciones realizadas en el capítulo 5 con respecto a este banco. A pesar de que dentro de las colonias marcadas en este banco ninguna superó una altura máxima de 89 cm, el valor de L_{∞} estimado fue de 156.01 cm, mientras que el valor estimado para K fue de 0.05. Por otro lado, la tasa de crecimiento promedio en 12.5 meses fue de 4.7 cm, la cual es cercana a la reportada por Grigg (1976) para las especies de Hawai.

En Hawai, Grigg (1976), reportó incrementos en el crecimiento de las colonias de 6.42 cm por año para *A. dichotoma* y de 6.12 cm por año para *A. grandis*. A su vez, en función a las observaciones de colonias individuales, planteó que las diferencias relacionadas con el crecimiento de las colonias en un mismo banco, tienen un carácter intrínscico o probablemente relacionado con la salud de la colonia. Sin embargo, haciendo referencia a los efectos ambientales, también menciona que existe un fuerte

componente ambiental que determina las diferencias en el crecimiento de los corales de una misma especie, pero localizados en zonas diferentes.

Como se ha mencionado anteriormente, una hipótesis para explicar estas diferencias entre los bancos, plantea que el banco del Bajo de La Catedral esté localizado en una zona en donde la combinación de factores, tales como fuerza de las corrientes, ramoneo de otros organismos y dinámica del agua en general, afectan la estructura de tallas de las colonias. Por lo tanto es muy factible que también tengan un efecto limitante en el crecimiento, que en este caso está siendo analizado en función a la elongación de la altura máxima. De tal forma, que se puede sugerir que mientras que en el banco de La Partida la combinación de estos factores promueven un crecimiento acelerado en las colonias, en el banco del Bajo de la Catedral, este se ve limitado dando como resultados diferencias hasta de un orden de magnitud en relación al K de cada banco.

Teniendo en cuenta las diferencias en el parámetro K , también resulta interesante analizar la diferencia en los valores de L_{∞} de cada banco. Nuevamente nos encontramos con variaciones en los valores de los parámetros en función con la localidad, pero en este caso son de menor magnitud.

El valor de L_{∞} que hace referencia a la talla máxima que pueden alcanzar las colonias, está relacionado con la historia de vida de la especie. De acuerdo con la descripción de *A. galapagensis* de Gotshall (1998), estas colonias pueden alcanzar hasta los 2 metros de altura. Este valor citado en la literatura no difiere considerablemente de los 168 cm estimados para el banco de La Partida y los 156 cm estimados para el del Bajo de La Catedral. Por lo tanto, se puede plantear que a pesar de que nuevamente los factores ambientales afecten la talla máxima que alcancen las colonias, su efecto sea

más pronunciado en la tasa de crecimiento. Por lo mismo, no es sorprendente que estos factores también jueguen un papel en la talla máxima o talla asintótica de las mismas, generando una pequeña diferenciación entre el valor de la L_{∞} de cada banco.

7. CONCLUSIONES

El trabajo que se llevó a cabo cubre aspectos básicos de la dinámica poblacional de las poblaciones de coral negro que se encuentran en Baja California Sur, México. Este trabajo está asentando las bases para estudios futuros que satisfagan objetivos concretos fuera del objetivo de este documento. Las conclusiones de este estudio se presentan a continuación.

- Los antecedentes históricos de la pesquería han marcado a los pobladores de Baja California Sur, especialmente a los comerciantes, quienes aun mantienen la percepción de que el coral negro de origen local no se puede extraer debido a que fue sobreexplotado lo cual condujo a su agotamiento y extinción. Así mismo, quienes son concientes de su existencia plantean que esta protegido por la ley, por lo cual su extracción es prohibida.
- En la ciudad de La Paz, la mayoría de los comercios encuestados trabajaron con coral negro en el pasado, pero actualmente no lo manejan. Algunos pocos, tienen algunas piezas de esa época que se caracterizan por presentar acabados rústicos y tener un valor comercial de menos de \$10.00 USD.
- En el municipio de Los Cabos, específicamente en las ciudades de San José del Cabo y de Cabo San Lucas, se encontraron comercios de tipo artesanal que en el pasado trabajaron con piezas de coral negro de origen local o del interior del país de una calidad similar a las que se vendían en la ciudad de La Paz, cuyo precio promedio oscilaba en los \$10.00 USD. Por otro lado, se encontraron otros comercios de tipo de joyería fina y especializada que manejan actualmente coral

negro traído del exterior. Estas piezas se caracterizan por estar pulidas y presentar acabados de la más alta calidad y estar engarzadas en materiales preciosos y semipreciosos. Por lo general no se venden sueltas sino en conjunto formando accesorios en los que se combinan oro blanco, diamantes y otros materiales preciosos o semipreciosos, dándole un valor promedio que va desde \$1,000.00 USD.

- A la mayoría de los comerciantes encuestados les interesaría manejar coral negro de origen local pero bajo las siguientes condiciones que les pide su propio mercado: **1.** Que el coral negro se extraído de una manera sustentable, para que no haya rechazo por parte de sus compradores. **2.** Que las piezas de coral negro no presenten acabados rústicos, sino acabados de alta calidad que lo hagan ver como el oro negro. **3.** Que en el momento de engarzar el coral negro se utilicen materiales de alta calidad, para que resalte la belleza del coral.
- El coral negro se extrajo hace más de quince años y los bancos que fueron visitados durante este estudio presentan un panorama de recuperación altamente favorable, con colonias que superan el metro de altura. Esto ha conducido a que estos organismos comiencen a ser destacables para los buzos que los visitan tanto en zonas establecidas como puntos de buceo recreativo, así como otras zonas de buceo no muy comunes para los turistas.
- No todos los prestadores de buceo identifican el coral negro, pero un buen porcentaje de quienes si lo identifican concuerdan en que podría ofrecerse el buceo en sus bancos como un atractivo más de la zona. Sin embargo mencionan que los limitantes son esencialmente las profundidades a las que se encuentra y que posiblemente el interés sería más de un turismo científico y especializado.

- El hecho de que se presenten colonias coral negro en puntos de buceos, es tan solo un argumento de que los bancos de coral negro se están repoblando en la zona. En este estudio se comprobó que no solo se han repoblado satisfactoriamente sino que presentan altas densidades y colonias de grandes tamaños. Sin embargo también se observó una diferenciación en la densidad y estructura de tallas en función a la localidad en la que se encuentran, así como la profundidad y estacionalidad en que fueron muestreados.
- El banco de La Partida localizado entre los 35 y 27 metros de profundidad se caracterizó por tener las colonias de mayor tamaño, donde el rango de su mediana de altura máxima se encontró entre los 80 y 90 cm, su densidad promedio fue de 0.41 colonias por m^2 y su tasa de crecimiento promedio fue de 19.3 cm en 8 meses (2.41 cm/mes).
- El banco del Bajo de la Catedral localizado entre los 27 y 18 metros de profundidad se caracterizó por tener colonias de menor tamaño, donde el rango de su mediana de altura máxima se ubicó entre los 50 y 60 cm, su densidad promedio fue de 0.75 colonias por m^2 y una tasa de crecimiento promedio fue 4.7 cm en 12.5 meses (0.37 cm/mes).
- En ambos casos, las diferencias encontradas en la densidad, estructura de tallas y tasa de crecimiento se asume que están influidos por la combinación de factores ambientales relacionados con la profundidad, estacionalidad y localidad, que pueden estar actuando de manera diferencial en cada banco.
- El ajuste de mayor parsimonia para ambos bancos fue aquel que presentó una estructura de variación de los residuales proporcional con el valor de ΔL_{esp} . Donde para el banco de La Partida el valor de $L_{\infty} = 168.4$ cm. y el de $K=0.54$.

Mientras que para el banco del Bajo de La Catedral el valor de $L_{\infty} = 156.01$ cm. y el de $K=0.05$.

- La diferencia en los parámetros de crecimiento, específicamente en el parámetro K refuerzan la hipótesis de que las características demográficas de los corales negros en nuestra zona probablemente están relacionadas con los factores ambientales que afectan de una manera diferencial a cada uno de los bancos. Por otro lado, la similitud entre los valores del parámetro L_{∞} reflejan el potencial de altura máxima, lo cual puede estar determinado por la genética e historia de vida de la especie, aunque también podría verse afectado por los efectos ambientales, pero en menor magnitud que K .

8. LITERATURA CITADA

- Aranda-Gómez, J.J. & J.A. Pérez-Venzor. 1986. Reconocimiento geológico de las islas Espíritu Santo y La Partida, Baja California Sur. Universidad Nacional Autónoma de México, Inst. Geología Revista. 16(2): 103-116.
- Arburto-Oropeza, O. & E. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology*. 22(4): 283-305.
- Arburto-Oropeza, O., E. Sala, Paredes, G., Mendoza, A. & Ballesteros E. 2007. Predictability of recruitment in a highly variable nursery habitat. *Ecology*. 88(9): 2220-2228.
- Begon, M., L. Firbank & R. Wall. 1986. Is There a Self-Thinning Rule for Animal Populations? *Oikos*. 46(1): 122-124.
- Brodziak J.K.T. & W.K. Macy. 1996. Growth of long-finned squid, *Loligo pealei*, in the northwest. *Atlantic Fishery Bulletin*. 94: 212-236.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2006. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida "Parque Nacional Espíritu Santo". México, D.F.
- DOF-Semarnat. 2007. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con la categoría de Parque Nacional exclusivamente la zona marina del Archipiélago de Espíritu Santo, ubicado en el Golfo de California, frente a las costas del Municipio de La Paz, Baja California Sur. DECRETOS 2007.

- Dunham J. B. & G. L. Vinyard. 1997. Relationships between body mass, population density, and the self-thinning rule in stream-living salmonids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54: 1025-1030.
- Ebert T.A. 1999. *Plant and Animal Populations: Methods in Demography*. Academic Press, California. 312.
- Fournier D.A. & P.A. Breen. 1983. Estimation of Abalone Mortality Rates with Growth Analysis. *Transactions of the American Fisheries Society*. 112: 403-411.
- Gotshall, D.W. 1998. *Sea of Cortez Marine Animals: a guide to common fishes y invertebrates –Baja California to Panama*. Sea Challengers, Monterey CA. 110.
- Grigg, R. W. 1965: Ecological studies of black coral in Hawaii. *Pacific Science*. 19(2): 244-260.
- Grigg R.W. 1976. Fishery management of precious y stony corals in Hawaii. Report No. UNIHI-SEAGRANT-TR-77-03. University of Hawaii Sea Grant Program, Honolulu, HI.
- Grigg, R.W. 1993. Precious coral fisheries of Hawaii and the U.S. Pacific Islands- Fisheries of Hawaii y U.S.-associated Pacific Islands. *Marine Fisheries Reviews*. 55: 50-60.
- Grigg, R.W. 2001. Black coral: History of a sustainable fishery in Hawaii. *Pacific Science*. 55: 291-299.

- Grigg, R.W. 2004. Harvesting impacts and invasion by an alien species decrease of black coral yield off Maui, Hawaii. *Pacific Science*. 58: 1-6.
- Grange, K.R. 1985. Distribution, standing crop, population structure, y growth rates of black coral in the southern fiords of New Zealand. *New Zealand Journal of Marine & Freshwater Research*. 19: 467-475.
- Goenaga, C. 1977. Two new species of *Stichopathes* (Zoantharia: Antipatharia) with observations on their biology. University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico, M. Sc. Thesis. 80.
- Haddon, M. 2001. *Modeling & Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman y Hall/CRC, 406.
- Hearn, W. & T. Polacheck. 2003. Estimating long-term growth-rate changes of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) from two periods of tag-return data. *Fishery Bulletin*. 101:58-74.
- Hilborn R., Mangel M.1997.*The ecological detective: confronting models with data*. Princeton Univ. Press. Princeton. 330.
- Love, M.S., M.M. Yoklavich, B.A. Black, & A. Andrews. 2007. Age of Black Coral (*Antipathes dendrochristos*) colonies, with notes on associated invertebrate species. *Bulletin of Marine Science*. 80: 391-400.
- Montgomery, A.D. 2002. The feasibility of transplanting black coral (Order Antipatharia). *Hydrobiologia*. 471: 157–164.

- Montgomery, A.D. 2006. Black coral growth. In: 2006 Black Coral Science y Management Workshop. Western Pacific Regional Fishery Management Council. Honolulu, HI.
- Morales Bojorquez, E. & M.O. Nevárez Martínez. 2005. Spawner-Recruit patterns y investigation of the allee effect in Pacific Sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California, Mexico. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. 46:161-174.
- Olsen, A. & R. S. Wood. 1980. Investigations on Black Coral in Salt River Canyon St. Croix, U.S. Virgin Islands: final scientific report 80-12. Division of Fish y Wildlife: U.S. Virgin Islands. NULS-I mission 79-5 and 80-12.
- Opresko, D.M. 2003. Revision of the Antipatharia (Cnidaria:Anthozoa). Part III. Cladopathidae. Zoologische Mededelingen. 77: 495-536.
- Orejas, C., J.M. Gili, W.E. Arntz, J.D. Ros, P.J. López, N. Teixidó & P. Filipe. 2002. Benthic suspension feeders, key players in Antarctic marine ecosystems? Contributions to Science. 1(3): 299-311.
- Padilla-Souza, C. 1998. Descripción de los bancos de coral negro en la región centro-norte de Quintana Roo. CRIP-Puerto Morelos. INP/CONABIO. México. 42.
- Parker, N.R., Mladenov. P.V. & Grange, K.R. 1997. Reproductive biology of the antipatharian black coral *Antipathes fiordensis* in Doubtful Sound, Fiordland, New Zealand. Marine Biology. 130: 11-22.

- Quinn T.J & R.B. Deriso. 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press, U.S.A. 542.
- Sánchez J.A. 1999. Black coral - octocoral distribution patterns on Imelda Bank, a deep-water reef, Colombia, Caribbean. *Sea Bulletin of Marine Science*. 65: 215-225.
- Sánchez J.A., S. Zea & J.M. Díaz. 1998. Patterns of octocoral y black coral distribution in the oceanic barrier reef-complex of Providencia Island, southwestern Caribbean. *Caribbean Journal of Science*. 34: 250-264.
- Schnute, J. & D. Fournier. 1980. A new approach to length-frequency analysis: growth structure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37:1337-1351.
- Sokal, R.R. & E. Rohlf. 1981. *Biometry*, 2nd ed. W. H. Freeman. San Francisco. 858.
- Tazioli, S., Bo, M., Boyer, M. Rotinsulu, H., & Bavestrello G. 2007. Ecological Observations of Some Common Antipatharian Corals in the Marine Park of Bunaken (North Sulawesi, Indonesia). *Zoological Studies*. 46(2): 227-241.
- UNEP-WCMC, 2006. UNEP-WCMC Species Database: CITES-Listed Species.
- Warner, G.F. 2005. The occurrence of black corals in jamaican reef environments, with special reference to *Stichopathes lutkeni* (Antipatharia: Antipathidae). *Biología Tropical*. 53: 61-66.
- Welsford, D. & J.M., Lyle. 2005. Estimates of growth y comparisons of growth rates determined from length- y age-based models for populations of purple wrasse (*Notolabrus fucicola*). *Fishery Bulletin*. 103(4): 697-711.