

Informe final* del Proyecto L269
Dinámica poblacional de la tortuga de carey (Eretmochelys imbricata) en su área de forraje. Río Lagartos, Yucatán

Responsable: M en C. Mauricio Garduño Andrade
Institución: Pronatura Península de Yucatán AC
Dirección: Calle 17 N° 188-A x 10, García Gineres, Mérida, Yuc, 97070 , México
Correo electrónico: mgarduño@minter.cieamer.conacyt.mx
Teléfono/Fax: N/D
Fecha de inicio: Noviembre 14, 1997
Fecha de término: Marzo 8, 2000
Principales resultados: Informe final, Hoja de cálculo
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Garduño Andrade, M., 2000. Dinámica poblacional de la tortuga de carey (Eretmochelys imbricata) en su área de forraje. Río Lagartos, Yucatán. Pronatura Península de Yucatán AC. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L269.** México D. F.
Forma de citar hoja de cálculo Garduño Andrade, M., 2000. Dinámica poblacional de la tortuga de carey (Eretmochelys imbricata) en su área de forraje. Río Lagartos, Yucatán. Pronatura Península de Yucatán AC. **Informe final Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. L269.** México D. F.
Resumen: En México al igual que en la mayoría de los países donde habitan las tortugas marinas, el estudio de estas especies se ha desarrollado primordialmente en las playas de anidación, por lo que subsisten vacíos en el conocimiento sobre otras partes de su ciclo de vida. La falta de comprensión e información limita el alcance que pueda tener los planes de manejo o las decisiones para la conservación de los quelonios. Un análisis de sensibilidad en un modelo de una matriz de tabla de vida mostró que la sobrevivencia de subadultos y adultos es más crítica en el crecimiento de la población que la de huevos neonatos, donde durante años se han concentrado nuestro esfuerzo de conservación. Dentro de la Reserva de Ría Lagartos se tiene la oportunidad para cumplir con el objetivo de hacer estudios sobre la ecología de la tortuga de carey en su etapa de juveniles y subadultos y encontrar estimaciones de los parámetros poblacionales como el crecimiento, la estructura por redes, tasa de mortalidad, tasa de reclutamiento que serán los parámetros de entrada para modelos de poblaciones y planes de manejo.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

CONTENIDO.

1. Introducción.
2. Antecedentes.
 - 2.1 La pesquería
 - 2.2 Protección de playas
 - 2.3 Cambios en el medio ambiente
 - 2.4 La Pesca
3. Objetivos.
4. Batimetría.
5. Caracterización del hábitat.
 - 5.1 Colección de referencia
 - 5.2 Caracterización de la comunidad bentónica
 - 5.2.1 Descripción general
 - 5.2.2 Índices ecológicos
 - 5.2.3 Análisis de agrupamiento
 - 5.2.4 Descripción de cada hábitat
6. Distribución, abundancia y densidad.
 - 6.2 Cooperativas pesqueras
 - 6.3 Buceos de prospección
 - 6.4 Distribución espacial
 - 6.5 Estimaciones de densidad
 - 6.6 Estimaciones del tamaño poblacional
7. Estructura y parámetros poblacionales.
 - 7.1 Modelo de Jolly-Seber
 - 7.2 Frecuencia de longitudes
 - 7.3 Mortalidad por la curva de captura
 - 7.4 Crecimiento en condiciones naturales.
8. Discusión General.
9. Bibliografía.
10. Agradecimientos
11. Anexos.

1. INTRODUCCION.

La tortuga de carey es una de las especies de tortugas marinas que como a la mayoría de estas se le considera amenazada o en peligro de extinción (Apéndice I de CITES). La península de Yucatán es la zona de anidación de esta especie mas importante a nivel mundial (Meylan, 1999). A este respecto, desde 1979 se han llevado a cabo programas de protección e investigación en Isla Aguada, Campeche y en la Reserva de la Biosfera de Río Lagartos (RBRL), Yucatán.

La mayoría de las actividades de investigación de estos programas han sido realizadas en las playas de anidación y se han enfocado, principalmente, en las hembras adultas y las crías de tortugas marinas. No obstante, las fases intermedias del ciclo de vida de estos quelonios (fase pelágica de las crías y fase costera de los juveniles y subadultos) han sido abordadas de manera muy limitada debido a las dificultades propias de la investigación en el mar, a pesar de que la información biológica y ecológica de estas fases es de suma importancia para el análisis integral de la población y para la elaboración de los planes de manejo y conservación más efectivos de esta especie.

Frente a las costas de la RBRL se encuentra un área de forrajeo de las tortugas de carey (Fig. 1). Entre 1986 y 1997, personal del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucalpetén (CRIPY) del Instituto Nacional de la Pesca (SEMARNAP), con el apoyo de los pescadores de langosta de Río Lagartos y de Las Coloradas, habían marcado mas de 1,100 tortugas juveniles (500, entre 1986 y 1995; 345, en 1996 y 256, en 1997). Sin embargo, las actividades de marcado de juveniles han sido marginales respecto a las actividades principales del proyecto normal de tortugas marinas del CRIPY, con excepción de las realizadas en 1996, año en el que se apoyó un proyecto por el Comité Nacional para la Protección y Conservación de Tortugas Marinas. Adicionalmente, esta área ha sido objeto de estudio en investigaciones anteriores relacionadas con otras especies comerciales como el caracol, la langosta y el mero, Este trabajo tiene como fin la investigación sistemática del hábitat de forrajeo y la dinámica de poblacional de la etapa juvenil de la tortugas de carey (*Eretmochelys imbricata*).

2. ANTECEDENTES.

2.1 La pesquería de la tortuga de carey.

Las tortugas marinas en México eran animales muy abundantes, de hecho la tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*) con distribución en el Pacífico aún lo es. El resto de las especies que se distribuyen en las aguas mexicanas tanto del Golfo de México, Mar Caribe y el Pacífico, son menos abundantes y en general son consideradas como especies en peligro de extinción tanto en las normas internacionales (CITES, IUCN) como en las nacionales (NOM-059-ECOL-1994). Para considerar estas especies en un estado de este tipo una primera pregunta que nos debemos hacer es ¿cuál era el tamaño de las poblaciones de estos organismos y cuándo?, Y ¿cuándo podríamos dejar de considerarlas?, el tamaño antes de la conquista, durante la colonia, en el siglo XIX o en el XX, obviamente durante las diferentes etapas la cantidad de gente en el mundo sometió a diferentes tasas de explotación a estos recursos. Sin embargo es más o menos claro que durante las décadas de los 50 y 60 del siglo XX la explotación de estos reptiles en México alcanzó sus máximo. Después de esta época y ante los signos de la sobre explotación el Gobierno Mexicano intervino con diversos mandatos de ordenamiento que en inicio pasaron por una veda total en el años 1972 y parte de 1973, posteriormente se asignaron cuotas de captura de algunas especies para cooperativas que tenían permisos para la explotación de tortugas¹, vedas en los meses de reproducción, tallas mínimas y según Márquez (1976) para esos años ya había prohibición en la pesca de 5 especies.

Las estadísticas pesqueras reflejan: 1) una gran explotación durante los años 60's; 2) la caída de las capturas y; 3) posteriormente una explotación bastante marginal. En general se supone que estas estadísticas subestiman la cantidad de tortugas que se capturaban. En el caso de las tortugas de carey las estadísticas (Márquez, 1976; Groombidge et al., 1989), nos muestran que se registró en toda la historia de la pesquería, una captura en un intervalo de 12,760 tortugas a razón de 1 kg de carey por tortuga y 7,891 a razón de 1.5 kg de carey/tortuga, si lo dividimos entre los 14 años en los que se presentan cifras se habrían pescado entre 917 tortugas/año a 571 tortugas/año respectivamente. Las estadísticas de 1973 suponen que se capturaron en ese año 4.87 toneladas de concha esto es entre 5,000 y 3,000 tortugas durante ese año, es probable que después del ordenamiento esta cifra represente de manera más fidedigna la magnitud de la pesca en México.

Según los datos de la pesquería de Cuba, se habrían pescado de 1968 a 1994 valores entre las 4,000 y 5,000 tortugas/anuales. Tomado en cuenta que el tamaño de las áreas de explotación de México y Cuba son similares, parece obvio que los registros de las pesquerías mexicanas estarían muy por debajo de la realidad y tomando en cuenta el último registro podría ser de esa magnitud.

¹ Las tortugas marinas eran especies reservadas para su explotación por las cooperativas.

Otro indicador de la cantidad de tortugas de carey que se pescaban en México podría ser la cantidad de artesanías de carey. México es un país con una gran cantidad de destinos turísticos, tanto internacionales (Tijuana, Acapulco, Cancún, Ciudad de México, Mazatlán, Guadalajara, etc.) y otros nacionales (Veracruz, Campeche, Yucatán), podemos decir que en cualquier ciudad o pueblo de México podemos encontrar alguna tienda o puesto que se dedique a vender artesanías. Durante los 60s, 70s y 80s en estas tiendas, que podían ir desde una manta tirada en el suelo de algún tianguis o plaza hasta tiendas en grandes locales, en todas ellas podíamos encontrar piezas de carey.

En sitios como Veracruz, Campeche y Yucatán las tiendas especializadas en objetos de carey eran frecuentes y con gran cantidad de piezas. Luego durante las décadas antes mencionadas se mantuvo una pesquería importante a pesar de no haber registros. Además de las clásicas piezas de joyería (aretes, anillos, pulseras, etc.) normalmente se encontraban tortugas enteras disecadas, obviamente juveniles, lo que podría indicar que la pesca se realizaba sobre una amplia variedad de tamaños y no exclusivamente sobre los adultos. De este hecho también se puede deducir que siempre existió un reclutamiento dentro de la población. Así mismo es desconocida la participación de México en el tráfico internacional de este producto que durante esas décadas Japón importaba del orden de 400 toneladas métricas (400,000 individuos) anualmente.

La disminución de este comercio fue paulatina a partir de mediados de la década de los 80s México comenzó a tener agencias gubernamentales que tenían como función la protección del medio ambiente. Aun el INP que en aquellos años llevaba ya más de una década trabajando en la protección de las tortugas estaba inmerso en agencias (Secretaría de Industria y Comercio, Dpto. de Pesca, SEPESCA), que tenía como finalidad “impulsar el desarrollo” y “el aprovechamiento de los recursos naturales”, sin tomar en cuenta la degradación del ambiente. Estas preocupaciones vinieron en nuevas agencias como Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE; posteriormente SEDESOL Y SEMARNAP). El cumplimiento de la legislación sobre la prohibición de la explotación de organismos como las tortugas y en particular del carey tomó mayor fuerza durante esa época, ya para principios de los 90s era notorio que la venta de carey era perseguida de manera sistemática y en las tiendas de artesanías cada vez era menos frecuente encontrar piezas de carey. Para la mitad de los 90s con el nacimiento de la SEMARNAP y la PROFEPA fue más clara la organización de las agencias gubernamentales que se dedicaban a la protección y persecución de los delitos ambientales. A pesar de lo anterior el tráfico de carey dentro de México no ha desaparecido del todo, como ya se mencionó hay una gran cantidad de locales y sitios donde pueden aparecer las piezas de carey, lo que significa al menos un aprovechamiento de bajo perfil. Todavía en 1996 en la Cd. de México en un tianguis atrás de la plaza de Coyoacán, se podía observar un puesto especializado en el carey (Obs. Pers.) después de la denuncia a la PROFEPA el puesto fue clausurado. En Yucatán los datos de la PROFEPA indican que en 1996 se decomisaron 37 piezas de carey y en 1997, 997 piezas, nada para 1998 y 1999.

2.2 Protección de las playas.

Desde el principio de la protección de las tortugas en México tomo en cuenta el problema de la explotación de los huevos y de las hembras en la playa. La percepción de que se estaba afectando una parte importante del ciclo de vida de las tortugas llevó a que la protección de las playas era (es) la actividad más importante de los programas de conservación. El aumento de la protección de las playas para carey pasó de 25 km en 1979 a 250 km en 1993-99, con un aumento muy importante de desoves en la playa que supone una recuperación de la población (Meylan, 1999; Garduño et al., 1999).

Esto plantea algunas cuestiones:

Según un modelo similar al que planteó Mortimer (1995) (Fig. 2) para la extinción de las tortugas, podemos hacer algunas hipótesis sobre el aumento del número de hembras que hoy se están reclutando:

- Suponer que las tortugas tiene un crecimiento y maduración tan lentos (> 30 años) que las hembras reclutas en los 90's provienen de huevos de antes de comenzar la protección, por lo que aún con una severa explotación había suficientes huevos para restablecer la población.
- Otra hipótesis es que las tortugas tengan un crecimiento y maduración suficientemente rápidos (< 20 años) como para que las tortugas que se reclutan provengan de huevos producidos por la protección. En este caso se presentan dos aspectos: uno que los huevos que se protegieron fueron determinantes para el crecimiento de la población o que los nidos que lograban escapar de la depredación en playas sin protección fueron suficientes para no ser necesaria la protección, o ambos actuaron de manera concomitante para el aumento de la población actual.

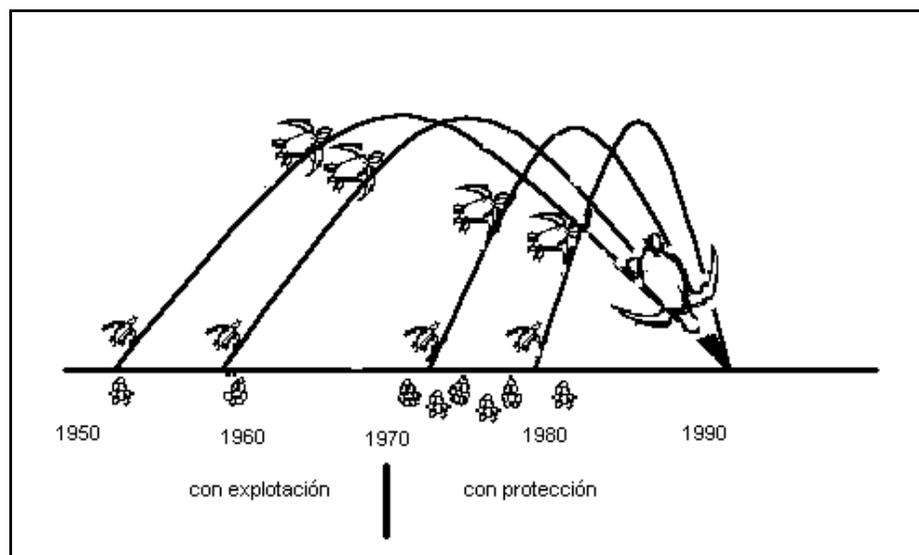


Figura 2. Modelo para mostrar la posibilidad de que las tortugas que actualmente se reclutan proviene de huevos puestos años antes.

Crouse *et al.* (1987) encontraron en un modelo poblacional que el aumento muy grandes en la sobrevivencia de los huevos tienen un bajo impacto en el tamaño de la población de adulto, de lo que se puede deducir que se está sobrevaluando el impacto que tiene la protección de los nidos en la playa. Ellos apuesta a que la protección en otros estadios más avanzados (juveniles) es de mucho mayor impacto.

2.3 Cambios en el medio ambiente.

Otra hipótesis que se puede plantear es el cambiado de la cantidad de depredadores, Pauly *et al.* (1998) propone que en las últimas décadas se ha perdido nivel más alto de los depredadores. Debemos suponer que a distintas edades o tamaños los depredadores serán diferentes. Mientras los huevos y las crías recién eclosionadas son depredadas en las playas, por mamíferos (zorras, mapaches, perros) que son evitados por la protección y el uso de los corrales. Ya en el agua las tortugas se alejan hacia una vida en la zona pelágica. La zona litoral no es apropiada para las crías de tortugas. un les es desfavorable por el tipo de depredadores (Collard y Ogren, 1990), un estudio de concluye que en su paso hacia la vida pelágica las tortugas son atacadas por los peces demersales: Serránidos (Gyuris, 1994). Sin embargo pasando a cierta profundidad estos peces no serían los depredadores ya que ellos se alimentan de organismos que se asocian al fondo (cangrejos, gusanos, peces) y las tortugas se mantendrán flotando sobre la superficie. Luego es probable que después de su paso por la zona litoral poco profunda, que puede ser un lapso relativamente corto, la depredación este asociada a organismos pelágicos que se alimentan en la superficie como los atunes (*Thunus spp.*), sierra y carito (*Scomberomorus spp.*), etc.. Por supuesto los tiburones con intervalo de tamaños mucho mas amplio tienen posibilidad de preda a las tortugas en un varios tamaños. De cualquier manera todos estos depredadores se consideran sobreexplotados o al menos sus poblaciones se han abatido de manera muy importante en las últimas décadas. Lo que es posible sea un factor importante en la disminución de la mortalidad.

2.4 La pesca.

La medida regulatoria más importante es la que se refiere a la no pesca esta medida abarca en la actualidad a todas las especies (D.O.F. 31 de mayo de 1990) aunque desde años atrás de la veda del noventa no se había expedido ningún permiso excepto para la tortuga golfina. Durante muchos años la captura incidental de las tortugas por los barcos arrastreros de camarón y escameros fue considerado como parte del proceso pesquero, la solución que se aplicó en este caso fue la introducción de los excluidores de tortugas a la flota camaronera (NOM-EM-002-1993; NOM-EM-001-PESC-1996) que evitan la captura de las tortugas en estas redes. Sin embargo los pesqueros de arrastre de escama continúan capturando a las tortugas durante su trabajo diario, aunque esta flota se ha reducido a 5 ó 6 barcos y seguramente con el tiempo dejara de trabajar debido

a las nuevas concepción de la Pesca Responsable que explícitamente condena este tipo de pesca poco selectiva. En general la actividad pesquera permite la captura incidental de tortugas en muchos casos, pero también es cierto que se refiere a verdadera captura incidental ya que expresamente (D.O.F. 29-10-86) se prohíben el uso de artes que capturan tortugas frente a las playas en donde se concentran para la reproducción.

A pesar de que se puede considerar que los programas de protección de las tortugas marinas en México y en especial para las poblaciones y especies que se distribuyen en el Golfo de México ha sido exitoso, en la medida de que hay un repunte constante en sus desoves, que suponemos ha sido causado por los aspectos que se enumeraron en los párrafos anteriores, existe un desconocimiento en aspectos biológicos y ecológicos que seguramente podrán coadyuvar en el futuro a la aplicación de mejores políticas de manejo.

3. OBJETIVOS.

Dentro de la Estrategia Mundial para la Conservación de las Tortugas Marinas preparada por la UICE/CSE, que fue adoptada como la Estrategia Nacional para la Conservación y Manejo de las Tortugas Marinas por la Comisión Intersecretarial para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas de México, se marcan como temas prioritarios para Investigación y el Monitoreo, el abordar aspectos críticos de la biología de las tortugas como los siguientes:

- Tasa de mortalidad en cada una de las etapas de vida con atención especial a los estadios acuáticos;
- Estructura poblacional;
- Tasa de crecimiento;
- Modelaje de las poblaciones

En la Reserva de la Biosfera de Río Lagartos se ha registrado un importante sitio en donde hay la facilidad para cumplir con este tipo de estudios sobre la ecología y dinámica de las poblaciones de las tortugas de carey en su estadio juvenil, que son necesarios para incidir dentro de las prioridades antes mencionadas.

Objetivos específicos:

- Describir el ambiente biológico en el que se desarrollan las tortugas de carey juveniles. De manera cualitativa y cuantitativa.
- Determinar la distribución, abundancia y densidad de las tortugas de carey juveniles, así como la superficie de sustrato adecuado para el reclutamiento de estas, dentro del área marina de la RBRL.
- Determinar la estructura por edades de la población.
- Estimar los parámetros poblacionales como: tasa de mortalidad, tasa de reclutamiento y tasa de crecimiento.

Para cumplir con cada uno de los objetivos se utilizaron diferentes métodos y análisis pero en general la idea de este trabajo es usar una metodología de observación directa en el hábitat adyacente a las costas de Río Lagartos. El otro método general es la captura, marcado y recaptura de los organismos por lo que en los diversos capítulos se describen las particularidades y la explicación del tipo de análisis que se usaron para cumplir con los objetivos específicos.

4. BATIMETRIA.

- Elaborar un mapa batimétrico del área de trabajo.
- Estimar el área en km² de cada intervalo de profundidad.

Utilizando un GPS y una ecosonda, durante 1998 se realizaron 4 transectos batimétricos y en Mayo de 1999, en cooperación con el Proyecto de Langosta del CRIPY-INP y con el Laboratorio de Percepción Remota del CINVESTAV-IPN, se realizaron 10 transectos batimétricos. Adicionalmente, para el análisis se utilizaron registros batimétricos puntuales que se fueron registrando durante el trabajo, así como los registros de la profundidad en el punto inicial y final de los sitios de buceo. Los datos obtenidos (Latitud-Longitud-Profundidad) se utilizaron como "semillas" para realizar la clasificación supervisada de una imagen de satélite Landsat TM del 2 de Febrero de 1986, utilizando el programa TN MIPS. Posteriormente se determinó el área de cada región y de cada intervalo de profundidad (Fig.1).

De manera general, se observó que en la porción occidental del área de estudio, entre a San Felipe y Cancunito, la inclinación aledaña a la línea de costa es un poco mas suave que en la parte oriental (entre Las Coloradas y El Cuyo), en donde la profundidad cae de manera abrupta hasta los 2 m en los primeros 20 m a partir de la línea de costa (Fig. 1). Esta misma tendencia se observó entre los 2 y 4 m de profundidad, sólo que la inclinación en la parte oriental, aun cuando fue mayor que en el occidente, no fue tan abrupta, extendiéndose incluso por mas de 1 km a partir de la línea de costa frente a El Cuyo, mientras que frente a San Felipe y Río Lagartos esta profundidad se registró a mas de 3 km de distancia de la costa (Fig. 1). En cuanto a los otros intervalos de profundidad, no se observaron diferencias notables entre regiones, ya que el incremento de la profundidad fue gradual y constante, en función de la distancia a la línea de costa; es importante señalar que no se observaron cambios abruptos de mas de 1 m que indicaran la presencia de bancos de arena o arrecifes (Fig. 1).

El área total de la zona marina de la Reserva Especial de la Biosfera de Río Lagartos, desde San Felipe hasta El Cuyo y desde la línea de costa hasta una profundidad de 12 m; es de mas de 900 km² (Tabla I). El 14% de esta área tiene una profundidad de 11 m, siendo este intervalo el de mayor extensión seguido, en orden decreciente, por las áreas con profundidad de 9 m, 8 m, 12 m y 10 m que representaron, cada una, entre el 10 y 12 % del área total. Posteriormente le siguen las áreas comprendidas entre los 4 y 7 m de profundidad cubriendo un área de entre 60 y 85 km² cada una. Y finalmente, las áreas de menos de 3 m de profundidad solo representaron en conjunto el 9% del área total (Tabla I).

Tabla I. Area en km² de cada intervalo de profundidad en la zona marina de Río Lagartos, Yuc.

Profundidad (m)	Area (km ²)	Porcentaje (%)	Area acumulada (km ²)	Porcentaje acumulado (%)
1	15	2	15	2
2	25	3	40	5
3	35	4	75	9
4	85	9	160	18
5	60	7	220	25
6	70	8	290	33
7	80	9	370	42
8	100	11	470	53
9	115	12	585	65
10	95	10	680	75
11	125	14	805	89
12	105	11	910	100

5. CARACTERIZACION DEL HABITAT.

- Elaborar una lista taxonómica de los organismos megabentónicos presentes.
- Determinar los porcentajes de cobertura de los grupos morfofuncionales y las entidades bentónicas presentes en los sitios en donde se observaron tortugas de carey juveniles.
- Determinar los Indices ecológicos más importantes en los sitios en donde se observaron tortugas de carey juveniles.
- Describir los diferentes hábitats en donde se desarrollan las tortugas de carey juveniles.

5.1 Lista taxonómica.

En Junio de 1999, se realizó un muestreo directo de los organismos macrobentónicos en 42 estaciones de colecta distribuidas en el área marina de la RBRL entre los 3 y los 12 m de profundidad. En cada estación se colectó un ejemplar de las especies bentónicas que se observaron en una superficie de 15 m². La recolecta se realizó manualmente utilizando equipo de buceo libre y semiautónomo. El material se conservó en agua de mar con formaldehído al 4% o alcohol al 70% de acuerdo al tipo de organismo y posteriormente, en el laboratorio, se identificó al menor nivel taxonómico posible. Adicionalmente, se tomaron muestras fotográficas que complementaron la lista de especies.

Se identificaron mas de 100 especies bentónicas presentes en el área de estudio. Las Macroalgas fueron el grupo con mayor cantidad de especies (Tabla II), seguido por las Esponjas, los Cnidarios y los Moluscos con alrededor de 10 especies cada grupo y por último los Equinodermos, los Crustáceos y los Pastos marinos (Tabla III). Es importante señalar que esta lista es preliminar pues todavía falta hacer algunas confirmaciones con otros especialistas.

En colaboración con la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), se identificaron un total de 61 especies de macroalgas. La división Rhodophyta presentó la mayor riqueza específica con 26 especies pertenecientes a 11 Familias, seguida por las Chlorophytas con 21 especies de 9 Familias y por último las Phaeophytas con 14 especies pertenecientes a 5 Familias (Tabla II).

Existen pocos antecedentes de estudios sobre macroalgas bentónicas en la zona costera del estado de Yucatán y la mayoría de ellos tratan sobre aspectos o grupos taxonómicos particulares. Se identificaron 22 especies que son nuevos registros en la zona costera de Yucatán. Al comparar las especies de algas encontradas en el área de estudio con las reportadas para zonas aledañas de arrecifes coralinos y con las reportadas en la laguna costera de Río Lagartos se observó que existe una mayor influencia marina que lagunar. Así mismo, se observó que 18 de las especies identificadas (30%) son de interés económico (Robledo y Freile, 1998).

En colaboración con los proyectos de Langosta, Caracol y Pulpo del CRIPY-INP y con la UADY, se han identificado, en total, 46 especies de invertebrados bentónicos (Tabla III). Se registraron 11 especies de Esponjas, de estas la mayoría presentan un tipo de crecimiento masivo, 3 son esponjas incrustantes, una es ramificada y una esférica. Los Cnidarios más abundantes fueron los corales masivos y los corales ramificados (4 y 3 especies, respectivamente); se registraron también 2 especies de octocorales y una especie de anémona. Entre los moluscos, se identificaron 9 especies de gasterópodos, 2 de bivalvos y 1 cefalópodo. Así mismo, se identificaron 8 especies de Equinodermos, 3 especies de crustáceos y 2 especies de pastos marinos (Tabla III).

A pesar de la importancia farmacológica y ecológica que tiene las esponjas, existen muy pocos trabajos sobre este grupo en las zonas costeras no coralinas de Yucatán. Ocurre algo similar con los Cnidarios pues la baja riqueza de especies y el pobre desarrollo arrecifal que se observa en el área de estudio se refleja en la escasa información de este grupo en la literatura. En contraste, las poblaciones de especies de interés económico han sido estudiadas mas a detalle; entre ellas tenemos a los recursos caracol, pulpo, langosta y pepino (Ríos, et al. 1999).

Tabla II. Lista florística de las macroalgas bentónicas de la zona marina de Río Lagartos, Yuc.

Chlorophytas	Phaeophytas	Rhodophytas
<i>Familia Bryopsidaceae</i> <i>Bryopsis</i> sp.	<i>Familia Dictyotaceae</i> <i>Dictyopteris delicatula</i> <i>Dictyopteris jamaicensis</i> <i>Dictyopteris justii</i> <i>Dictyopteris divaricata</i> <i>Dictyota cervicornis</i> <i>Dictyota dichotoma</i> <i>Lobophora variegata</i> <i>Padina sanctae-crucis</i>	<i>Familia Ceramiaceae</i> <i>Aglaothamnion cordatum</i> <i>Ceramium</i> sp. <i>Spyridia hypnoides</i>
<i>Familia Caulerpaceae</i> <i>Caulerpa ashmeadii</i> <i>Caulerpa cupressoides</i> <i>Caulerpa mexicana</i> <i>Caulerpa prolifera</i> <i>Caulerpa racemosa</i> <i>Caulerpa sertularioides</i>	<i>Familia Cystoseiraceae</i> <i>Turbinaria turbinata</i>	<i>Familia Dasyaceae</i> <i>Heterosiphonia gibbesii</i>
<i>Familia Codiaceae</i> <i>Codium isthmocladium</i>	<i>Familia Sargassaceae</i> <i>Sargassum filipendula</i> <i>Sargassum hystrix</i>	<i>Familia Rhodomelaceae</i> <i>Acanthophora spicifera</i> <i>Chondria littoralis</i> <i>Digenea simplex</i> <i>Laurencia papilosa</i> <i>Laurencia poiteaui</i>
<i>Familia Halimedaceae</i> <i>Halimeda copiosa</i> <i>Halimeda discoidea</i> <i>Halimeda incrassata</i> <i>Halimeda monile</i> <i>Halimeda tuna</i>	<i>Familia Scytosiphonaceae</i> <i>Hydroclathrus clathratus</i> <i>Rosenvingea intricata</i>	<i>Familia Corallinaceae</i> <i>Amphiroa fragilissima</i> <i>Amphiroa tribulus</i> <i>Jania adhaerens</i>
<i>Familia Udoteaceae</i> <i>Avrainvillea elliotii</i> <i>Penicillum capitatus</i> <i>Rhipocephalus phoenix</i> <i>Udotea spinulosa</i>	<i>Familia Sporochneaceae</i> <i>Sporochneus pedunculatus</i>	<i>Familia Gelidiaceae</i> <i>Gelidium pusillum</i>
<i>Familia Cladophoraceae</i> <i>Chaetomorpha linum</i>		<i>Familia Areschouggiaceae</i> <i>Eucheuma isiforme</i> <i>Meristiella gelidium</i>
<i>Familia Siphonocladaceae</i> <i>Cladophoropsis macromeres</i>		<i>Familia Halymeniaceae</i> <i>Halymenia floresia</i>
<i>Familia Dasycladaceae</i> <i>Batophora oerstedii</i>		<i>Familia Hypneaceae</i> <i>Hypnea cervicornis</i> <i>Hypnea musciformis</i> <i>Hypnea spinella</i>
<i>Familia Polyphisaceae</i> <i>Acetabularia crenulata</i>		<i>Familia Gracilariaceae</i> <i>Gracilaria blodgettii</i> <i>Gracilaria cervicornis</i> <i>Gracilaria cornea</i> <i>Gracilaria debilis</i> <i>Gracilaria domingensis</i>
		<i>Familia Galaxauraceae</i> <i>Scinaia complanata</i>
		<i>Familia Champiaceae</i> <i>Champia parvula</i>

Tabla III. Lista taxonómica de organismos bentónicos de la zona marina de Río Lagartos, Yuc.

Grupos morfofuncionales Entidades bentónicas	Especies o géneros
Pastos Marinos	<i>Thalassia testudinum</i> <i>Siringodium filiforme</i>
Cnidarios Hexacorales: Corales masivos Corales ramificados Octocorales: Ramales Dedos de muerto Zoantidos: Anémona colonial	<i>Siderastrea</i> , <i>Solenastrea</i> , <i>Stephanocoenia</i> , <i>Montastrea</i> <i>Porites</i> , <i>Madracis</i> , <i>Oculina</i> <i>Pseudopterogorgia</i> <i>Briareum</i> <i>Parazoanthus parasiticus</i>
Esponjas Costrosas Naranja Amarilla Café Ramificadas Masivas Esféricas	<i>Cliona delitrix</i> <i>Siphonodictyon</i> <i>Chondrilla</i> , <i>Agelus</i> <i>Spheciospongia vesparium</i> <i>Ircina sp. (strobilina)</i> <i>Aplysina sp.</i> <i>Amphimedon sp.</i> <i>Spheciospongia sp.</i> <i>Pseudoxinella sp</i> <i>Cynachyra</i> ,
Moluscos Gasteropodos Caracol Blanco Caracol Negro o Tomburro Caracol Rojo o Chacpel Caracol Trompillo o Tornillo Caracol Boxpel oCampechana Caracol Cyprea Lengua de flamingo Oliva Bivalvos Cayo de hacha Cefalópodos Pulpo	<i>Strombus costatus</i> <i>Turbinella angulata</i> <i>Pleuroploca gigantea</i> <i>Busycon contrarium</i> <i>Fasciolaria tulipa</i> <i>Vasum muricatum</i> <i>Cypraea zebra</i> <i>Cyphoma gibbosum</i> <i>Oliva sp</i> <i>Pinna sp</i> <i>Octopus maya</i>
Crustáceos Langosta espinosa Cazuela de mar Cangrejo tanque	<i>Panulirus argus</i> <i>Limulus polyfemus</i> <i>Stenocionops sp.</i>
Equinodermos Estrellas de mar Galletas de mar Arañas Erizos Pepinos	<i>Oreaster reticulatus</i> <i>Astropecten</i> , <i>Linckia</i> <i>Leodia</i> <i>Ophiocoma</i> <i>Echinometra</i> , <i>Tripneustes</i> <i>Holoturia</i>

5.2 Caracterización de la comunidad bentónica.

Durante Agosto de 1999, en 12 sitios en los que se observaron tortugas de carey juveniles, se realizaron videotransectos de 5 minutos y fototransectos de 12 fotografías. Para esto se utilizó equipo de buceo semiautónomo, una cámara de video Hi-8 dentro de una caja hermética y una cámara fotográfica con lente de 35 mm, donadas por la Industria Salinera de Yucatán. De manera adicional, se tomaron videos y fotografías panorámicas de cada sitio.

En el laboratorio, se analizaron 20 fotocuadrantes de 1,300 cm² de cada sitio utilizando 10 puntos aleatorios por cuadrante, es decir se muestrearon 200 puntos aleatorios en 2.5 m². Los organismos localizados bajo los puntos aleatorios fueron identificados hasta el nivel taxonómico mas bajo posible, estimando con esto el porcentaje de cobertura de cada entidad identificada.

En la región A y en la D se caracterizaron 3 sitios, en la región B y C 2 sitios y en la región E y F solo se realizó el muestreo en un sitio (Tabla IV). La profundidad de los sitios de muestreo varió entre los 3 y 7 m. El tipo de fondo visualmente dominante fueron las macroalgas presentes en la mayoría de los sitios, no obstante también se registraron sitios con sustrato muerto, pastos marinos, octocorales y esponjas (Tabla IV).

Tabla IV. Localización, profundidad y tipo de fondo de los sitios de muestreo en los que se realizó la caracterización de la comunidad bentónica.

Sitio	Nombre del sitio	UTM E	UTM N	Región	Prof. (m)	Tipo de Fondo
1	Hooka	371800	2387300	A	3	Pastos - Arena
2	Pecas	375240	2389390	A	3	Pastos
3	Toña	373750	2392500	A	6	Algas
4	Holchit	385900	2392200	B	5	Algas
5	Cocos	388100	2391200	B	4	Algas
6	Ciudad E	393230	2390900	C	5	Esponjas
7	Tere	399500	2390450	C	4	Pastos
8	Montaña	405000	2389000	D	7	Sustrato muerto
9	Hongo	406940	2389100	D	6	Sustrato muerto
10	Medio	408000	2388000	D	6	Octocorales
11	Escalón	410000	2389000	E	7	Algas
12	Godzilla	420000	2383400	F	7	Sustrato muerto

Considerando la totalidad de las muestras, se observó que las macroalgas cubrieron mas de la mitad del fondo marino, el 26 % estuvo cubierto por sustrato muerto, los Pastos marinos representaron prácticamente una décima parte del total, las Esponjas y los Cnidarios abarcaron el 7.4% y el 4% del bentos, respectivamente y los organismos vágiles representaron menos del 1% de las muestras (Tabla V).

Tabla V. Porcentaje de cobertura de los grupos morfofuncionales (GMF) en cada sitio de muestreo.

GMF	Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prom.
Algas		27,0	48,0	67,0	75,0	68,0	60,0	43,0	31,0	39,0	54,0	68,0	49,0	52,5
Pastos		18,0	46,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2
Cnidarios		0,0	0,0	5,0	0,0	1,5	2,0	0,0	0,0	9,0	19,0	2,0	11,0	4,0
Esponjas		1,0	0,0	12,0	12,0	13,0	22,5	0,0	1,0	8,0	4,0	9,0	6,0	7,4
Organ. Vágiles		0,0	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Sustrato muerto		54,0	6,0	15,0	12,5	16,5	15,0	14,0	64,0	41,0	23,0	21,0	34,0	26,3

A nivel de entidad, las Algas no identificables y la arena fueron las entidades dominantes con porcentajes de cobertura del 25% y 17%, respectivamente; seguidos por el pasto marino *Siringodium filiforme* con el 9% y por las algas café filamentosas y las algas café foliosas ramificadas (*Dyctiota* y *Dyctiopteris*) que representaron el 4.5 % de cobertura cada una (Tabla X). Así mismo, el Piso calcáreo, la esponja costrosa *Cliona delitrix* y el octocoral *Pseudopterogorgia sp.* mostraron valores de entre 3% y 4% de abundancia relativa, mientras que las algas *Codium*, *Halimeda*, *Udotea*, *Acetabularia*, *Padina* y *Coralinacea*, así como las Rocas y los Escombros, representaron entre el 1.5% y el 2.7% de la cobertura total cada uno. El resto de las entidades cubrieron menos del 1% del fondo cada una (Tabla VI).

De manera general, se observó una proporción de 74:26 entre el porcentaje de cobertura viva y de sustrato muerto, valores similares a lo reportado en estudios de arrecifes coralinos del Caribe (Maldonado, 1998). Sin embargo, al analizar los porcentajes de cobertura de los grupos morfofuncionales, tenemos que en los ambientes arrecifales los Cnidarios y los productores primarios (Algas y Pastos marinos) son los grupos mas importantes representando cada uno el 35% del total; mientras que en la zona costera de Río Lagartos, las algas ocupan mas del 62% del fondo y los Cnidarios, menos del 5% (Tabla V). Es importante señalar que aun cuando la cobertura de los organismos vágiles sea pequeña, el efecto de estos en la dinámica de la comunidad es de gran relevancia.

Tabla VI. Porcentaje de cobertura de las entidades bentónicas en cada sitio de muestreo.

Entidad	Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prom.
<i>Caulerpa</i>		4	0	0	1	0	0	0	2	1	3	0	3	1,0
<i>Codium</i>		0	0	1	0	1	5	3	4	1	3	9	7	2,7
<i>Halimeda</i>		3	1	0	4	1	0	1	8	3	2	1	2	1,9
<i>Udotea</i>		5	3	0	1	0	3	1	0	1	2	1	2	1,4
<i>Penicillus</i>		2	2	1	2	0	1	1	0	1	1	1	0	0,9
<i>Acetabularia</i>		1	0	6	2	1	1	0	2	1	7	4	7	2,5
<i>Dyctiota o Dyctiopteris</i>		1	0	9	1	1	0	0	7	13	20	2,5	1	4,5
<i>Lobophora</i>		0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0,4
<i>Padina</i>		0	1	1	6	7	7	4	2	1	2	0,5	0	2,6
<i>Sargassum</i>		0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0,2
A. filamentosa		5	35	0	0	0	0	3	5	0	1	5	0	4,5
<i>Laurencia</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1
<i>Corallinaceae</i>		0	0	2	0	0	0	18	0	0	4	0	0	2,0
<i>Halymenia</i>		0	1	1	0	2	1	3	0	0	2	1	1	0,8
<i>Gelidium</i>		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,1
<i>Gracilaria</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
<i>Hypnea</i>		0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0,4
<i>Eucheuma</i>		0	0	1	0	3	2	0	0	0	4	2	1	1,0
Algas no identificables		6	6	44	57	50	39	12	2	19	5	39,5	27	25,4
<i>Thalassia</i>		4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
<i>Siringodium</i>		14	45	0	0	0	0	42	4	0	0	0	0	8,8
C. masivo		0	0	2	0	2	2	0	0	1	2	1	1	0,8
C. ramificado		0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2
<i>Pseudopterogorgia</i>		0	0	2	0	0	0	0	0	8	17	1	10	3,2
<i>Cliona</i>		1	0	8	9	7	2	0	0	4	2	3,5	4	3,3
<i>Cliona – Parazoanthus</i>		0	0	2	3	6	0	0	0	0	0	4	0	1,2
E. costra café		0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0,5
E. costra amarilla		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,1
E. ramificada		0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0,3
E. masiva		0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	1,4
E. esférica amarilla		0	0	0	0	1	3	0	1	2	2	1,5	0	0,8
Moluscos		0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0,2
Crustáceos		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Equinodermos		0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0,3
Peces		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0,1
Arena		45	6	14	7	4	7	13	60	29	8	6,5	9	17,2
Escombros		6	0	2	1	3	2	1	1	8	1	4	5	2,7
Rocas		2	0	0	4	4	1	0	3	3	0	0	14	2,5
Piso calcáreo		2	0	0	1	6	6	0	0	0	14	10,5	7	3,8

A. = Alga

C. = Coral

E. = Esponja

5.2.1 Índices ecológicos.

Los datos de porcentajes de cobertura por sitio (Tabla VI) se utilizaron para determinar los Índices ecológicos más importantes de cada sitio (Riqueza, Heterogeneidad de Simpson y de Shanon-Wiener y Equidad de Pielou).

Los índices de riqueza oscilaron entre 10 y 23 entidades por sitio; los valores mínimos se registraron en los sitios 2, 7, 8 y 1 (Tabla VII), en los cuales el tipo de fondo dominante fueron los pastos marinos y la arena (Tabla VI); en los sitios 9 y 6, en donde los octocorales y las esponjas eran visualmente dominantes, se presentaron los mayores valores de riqueza (Tablas VI y VII). El índice de heterogeneidad de Simpson presentó el valor máximo (0.90) en el sitio 10, seguido por los sitios 12, 9 y 11, todos localizados en las regiones D, E y F (Tablas VII y IV); los sitios 6, 3, 1, 7 y 5 mostraron valores intermedios de este índice y los valores mínimos se registraron en los sitios 2, 4 y 8 (Tabla VII). Se obtuvieron valores del índice de heterogeneidad de Shannon-Wiener que variaron entre 0.61 y 1.10; observándose, de manera general, una tendencia similar a la del índice de Simpson, sin embargo se notaron algunas diferencias, entre las que destaca que el valor del sitio 4 es intermedio y el sitio 1 muestra uno de los valores mínimos (Tabla VII). Los valores máximos (0.84 y 0.80) del Índice de Equidad de Pielou para los índices de heterogeneidad de Shannon-Wiener se registraron en el sitio 10 y en el 12. Por el contrario en los sitios 2, 4 y 8, se presentaron los menores valores de este índice (0.59 y 0.61).

No hay estudios anteriores sobre caracterización de la comunidad bentónica en la costa Yucateca para comparar nuestros resultados. Sin embargo, en estudios realizados en arrecifes coralinos del Caribe Mexicano se han registrado valores relativamente altos de estos índices (Maldonado, 1998). Lo anterior muestra que en el área del presente estudio la diversidad general es baja.

Tabla VII. Índices ecológicos de cada sitio de muestreo.

Sitio	Riqueza	Heterogeneidad Simpson	Heterogeneidad Shanon – Wiener	Equidad Pielou
1	15	0,77	0,68	0,73
2	10	0,68	0,61	0,61
3	20	0,78	0,90	0,69
4	18	0,66	0,74	0,59
5	20	0,74	0,87	0,67
6	22	0,82	0,98	0,73
7	13	0,76	0,77	0,69
8	14	0,63	0,70	0,61
9	23	0,85	0,99	0,72
10	21	0,90	1,10	0,84
11	20	0,82	0,98	0,75
12	20	0,88	1,04	0,80

5.2.2 Descripción de cada hábitat.

En primer instancia se creó una matriz de los porcentajes de cobertura de 39 entidades contra 12 sitios (Tabla VI), la cual se sometió a un análisis multivariado de agrupamiento, utilizando el paquete de estadística multivariada MVSP.

Se obtuvo un dendrograma con un valor de distancia euclidiana estandarizada mínimo de 6.0 y un valor máximo de 11.3 (Fig. 3). Así mismo se observó que a una distancia euclidiana estandarizada de entre 9.0 y 9.5 se diferencian 5 conglomerados. Los dos primeros conglomerados que se separan están compuestos por un solo sitio cada uno (sitio 6 y sitio 10), el grupo siguiente está formado por los sitios 9 y 12; el cuarto grupo incluye a los sitios 1, 2, 7 y 8. Por último, el resto de los sitios (3, 4, 5 y 11) constituyen el quinto conglomerado (Fig. 3). A grandes rasgos se pudo observar que la formación de estos grupos está relacionada con el tipo de fondo dominante en cada sitio; no obstante, a continuación se hace una descripción detallada de cada uno de los grupos considerados como hábitats diferentes.

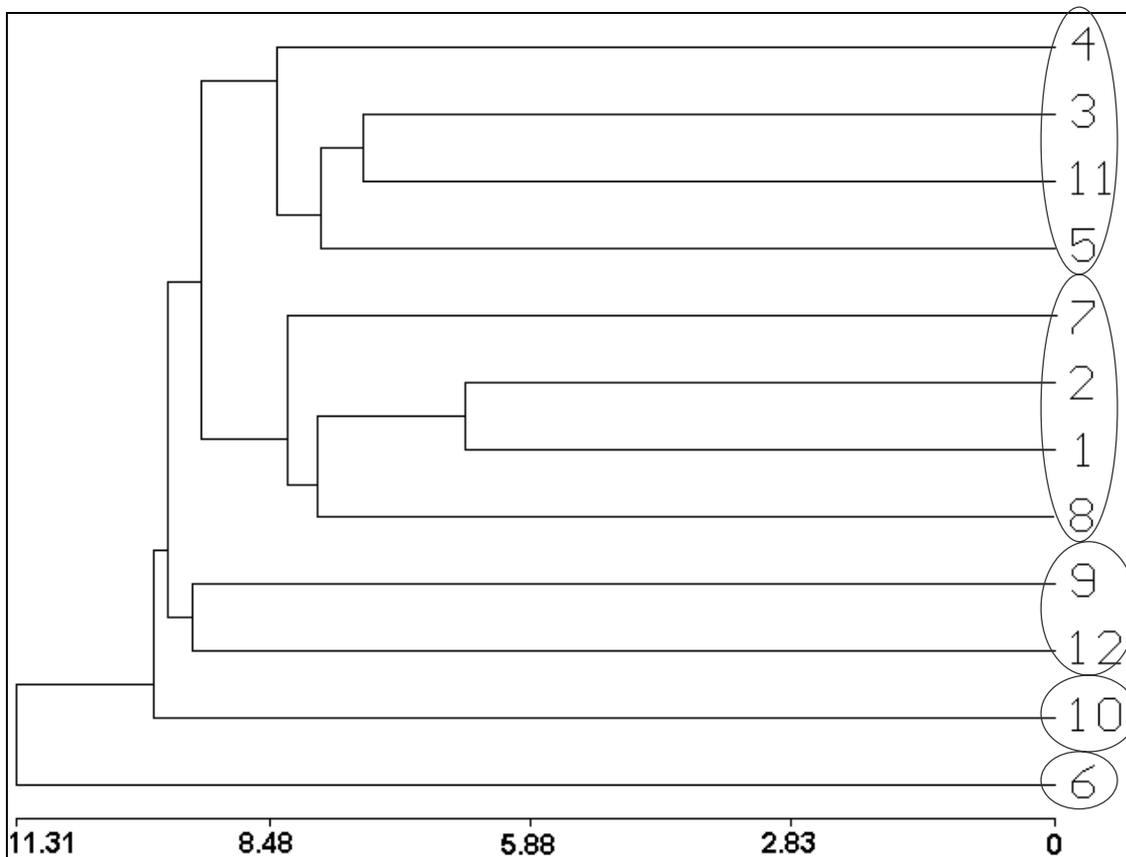


Figura 3. Dendrograma resultado del análisis de agrupamiento de 12 sitios de muestreo en que se realizó la caracterización de la comunidad bentónica.

Para efectos prácticos del presente estudio, el nombre que se le dio a cada hábitat esta en función del tipo de fondo visualmente dominante y de acuerdo al nombre común con el que los pescadores del área lo conocen.

Múcaros.

Este hábitat, representado por el sitio 6, se caracterizó por presentar una cobertura de esponjas relativamente mayor que en los otros sitios, constituyendo mas del 22 % de la cobertura total (Tabla V); entre ellas las esponjas masivas fueron las más abundantes, seguidas por las esponjas esféricas, las costrosas y las ramificadas (Tabla VI). Las macroalgas, el grupo dominante (60% de cobertura), estuvo representado principalmente por tapetes de algas no identificables, algas cafés del género *Padina* y algas verdes del género *Codium* (Tabla VI). En cuanto al sustrato muerto, la arena y el piso calcáreo representaron el 12 % de la cobertura, mientras que los escombros y las rocas conformaron el 3% en conjunto. Aunado a lo anterior, se registraron crecimientos aislados de Cnidarios (2%) y algunos Equinodermos (Tabla VI).

Las zonas de múcaros sólo se observaron en la región C entre 4 y 6 m de profundidad, formando islotes aislados que cubrían áreas relativamente pequeñas. Los índices ecológicos calculados para este hábitat muestran que es uno de los más diversos (Tabla VI).

Ramales.

Entre los 4 y 8 m de profundidad de la región C, D E y F se observaron extensas áreas de piso calcáreo con inclinación suave cubiertas por gran cantidad de macroalgas (54%), entre las que destacan los géneros de algas cafés *Dyctiota* y *Dyctiopteris*, las algas verdes *Acetabularia*, *Caulerpa* y *Codium* entre otras, las algas rojas del género *Eucheuma* y las algas calcáreas articuladas de la familia Corallinacea (Tabla VI). El sustrato muerto, principalmente piso calcáreo y arena, abarcó casi un cuarto del total del área analizada; se registró también la presencia de esponjas y corales masivos que cubrieron el 4 % y el 2% respectivamente (Tabla VI).

La característica más conspicua de este hábitat, representado por el sitio 10, fue la cobertura relativamente alta (19%) de Octocorales del género *Pseudopterogorgia* en comparación con los demás sitios. El gran tamaño, la posición erecta y la forma de rama seca que tiene esta especie, hicieron que fuera el elemento visualmente dominante, dándole así su nombre. Adicionalmente, este hábitat mostró los valores mas altos en todos los índices ecológicos, excepto en el de Riqueza en el que ocupó el tercer lugar (Tabla VII), por lo que se le considera uno de los hábitats con mayor diversidad biológica.

Pedrerío.

El hábitat denominado Pedrerío se caracteriza principalmente por ser áreas extensas de piso calcáreo con rocas de mediano tamaño, arena y escombros. En promedio, el 38% del área analizada era sustrato muerto desnudo y el 45% estaba cubierto de diferentes tipos de algas verdes (*Codium*, *Acetabularia*, *Halimeda*, etc.), de algas cafés (*Dyctiota* y *Dyctiopteris*) y de algas no identificables (Tablas V y VI). Se registró también una cobertura moderada de octocorales del género *Pseudopterogorgia* (9%) así como algunos corales masivos y ramificados aislados (1%).

Las esponjas costrosas que cubrían las rocas calcáreas fueron otro elemento importante que representaron el 6% de la cobertura total en promedio. Adicionalmente, se registraron algunas esponjas esféricas y ramificadas, unos erizos y unos peces que utilizaban de refugio las rocas (Tabla VI).

Este tipo de hábitat se localizó en las regiones D, E y F entre 5 y 8 m de profundidad. Los sitios de muestreo 9 y 12, representantes de esta comunidad, presentaron valores altos en la mayoría de los índices de diversidad (Tabla VII).

Pastizales.

Este hábitat se presentó principalmente en las regiones A, B y C, a profundidades menores a 4 m; no obstante también se observó un tipo particular de este hábitat de manera asilada, en la región D a una profundidad de 7 m. Los elementos dominantes de esta comunidad, que representaron, en promedio, la tercera parte de la cobertura total cada uno, fueron los Pastos marinos (*Siringodium* y *Thalassia*), el sustrato muerto (principalmente arena) y las algas filamentosas epífitas de los pastos marinos y las algas calcáreas articuladas (Corallinaceas).

Al analizar detalladamente los sitios de este hábitat, se distinguieron 2 tipos de pastizales con base en la densidad de los pastos marinos y la arena. En el primero, representado por los sitios 2 y 7, los pastos marinos cubren, en promedio, casi el 50% del área, formando macizos homogéneos (Tabla V). En los sitios 1 y 8, representantes del segundo tipo, la arena ocupa en promedio el 60 % del área mientras que los pastos marinos solo el 10 % de esta (Tabla VI), por lo que se considera mas adecuado denominarlos Arenales.

En general, los valores de los índices ecológicos fueron los más bajos en los sitios de este hábitat, sugiriendo que los Pastizales y los Arenales son las comunidades con menor diversidad del área (Tabla VII).

Cordilleras.

Desde un punto de vista geomorfológico, este hábitat se caracterizó por presentar desniveles abruptos de entre 30 y 60 cm de profundidad que corren, normalmente, de manera paralela a la línea de costa y forman cuevas largas y continuas de piso calcáreo. Se observaron cordilleras en todas las regiones y a profundidades desde 3 a 10 m, pero de manera aislada. Estas zonas de piso calcáreo a desnivel están cubiertas, en promedio, por 70% de macroalgas, de las cuales la mayoría no se logran identificar y el resto pertenecen a los géneros *Codium*, *Halimeda*, *Acetabularia*, *Dyctiota*, *Dyctiopteris* y *Padina* principalmente (Tabla VI).

Las esponjas costrosas que cubren la orilla del piso calcáreo superior de las cordilleras representaron en promedio, el 12 % de cobertura, siendo la esponja roja *Cliona delitrix* la más abundante. En las zonas aledañas a la cordillera, se observaron algunas porciones de sustrato muerto que, en promedio, constituyen el 15% del área. Adicionalmente, se registró la presencia de algunos Cnidarios, y algunos organismos vágiles como caracoles, estrellas de mar y langostas (Tabla VI). En general este tipo de hábitat presentó valores intermedios en los índices ecológicos de diversidad (Tabla VII).

En la literatura consultada, no existen descripciones a detalle que incluyan porcentajes de cobertura o índices ecológicos de la comunidad bentónica en la costa de Yucatán. Sin embargo, algunos trabajos hacen referencia al tipo de fondo observado en sitios de captura de langostas y caracol. En estos documentos hacen una breve y superficial descripción de los organismos bentónicos dominantes, así como de las características geomorfológicas más notables en cada sitio.

En este contexto, encontramos algunas sinonimias en relación con la nomenclatura que se le da a los diferentes hábitats marinos de la costa de Yucatán. Los Pastizales también son llamados Seibadales o Dzilares; los Arenales son denominados Blanquizales o, en caso de tener gran cantidad de escombros y restos de conchas de bivalvos y caracoles, se les llama Chocholes; Los Pedreríos también son nombrados como Lajas cuando las piedras o rocas que abundan son planas (Ríos *et al*, 1995).

6. DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y DENSIDAD.

- Determinar la distribución, abundancia y densidad de las tortugas de carey juveniles, por región, por profundidad y por tipo de fondo (grupos morfofuncionales).
- Estimar a superficie de sustrato adecuado para el reclutamiento de las tortugas de carey juveniles, por región y por profundidad dentro del área marina de la RBRL.
- Determinar el patrón de distribución espacial de las tortugas de carey juveniles.
- Estimar el tamaño de la población de tortugas de carey juveniles, con base en los datos de densidad y de superficie de sustrato adecuado para el reclutamiento.

6.1 Cooperativas Pesqueras.

Una de las fuentes más importantes de datos proviene de los pescadores de langosta de Río Lagartos y de Las Coloradas que durante los meses de Julio y Agosto, capturaron a las tortugas de carey juveniles que se encontraban durante sus actividades diarias de pesca. Establecimos una recompensa de \$10.00 m.n. por cada tortuga. Los pescadores firmaban un recibo en donde escribían el nombre de sitio, el tipo de fondo y la profundidad de captura. Se supone que los pescadores, según los datos del programa de langosta del CRIPY cada lancha recorre en busca de langosta, aproximadamente, 10 hectareas / día en promedio (Ríos *et al.*, 1998).

Las tortugas capturadas, se depositaban en unas tinajas con agua en las oficinas de su cooperativa, hasta que el personal del proyecto pasaba a recolectarlas, ahí se las media y marcaba. Posteriormente, las tortugas eran liberadas en mar abierto, cuando era posible, en zonas cercanas al sitio de captura o en las playas de Las Coloradas donde se encuentran las instalaciones del CRIPY.

Los pescadores de Río Lagartos y Las Coloradas capturaron 400 tortugas de carey juveniles durante 1998 y 500 tortugas durante 1999.

El mayor porcentaje de tortugas capturadas se registró en la región B seguida, por las regiones C y D y finalmente por la región A. Las regiones E y F pertenecen a la zona de pesca de las cooperativas de El Cuyo, los cuales no participaron en este proyecto (Fig. 4).

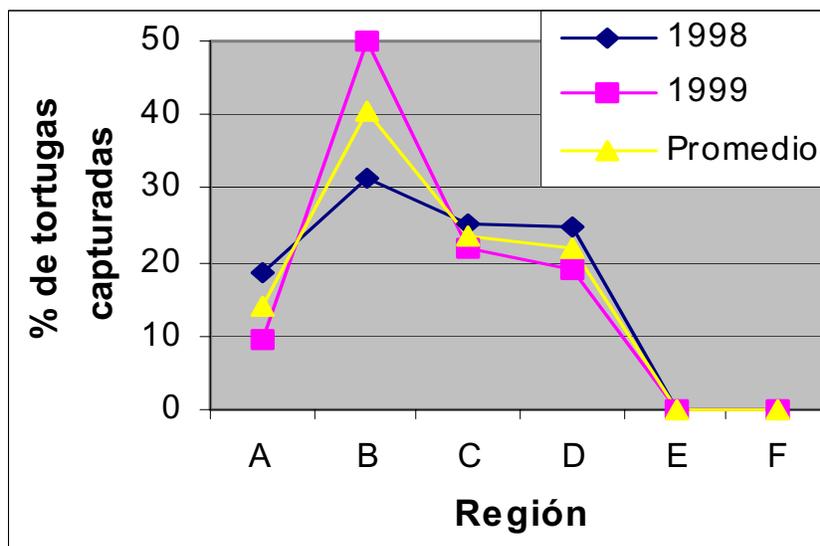


Figura 4. Porcentaje de tortugas capturadas en las 4 regiones (A, B, C y D) que pertenecen al área de pesca de las Cooperativas de Río Lagartos.

En cuanto a profundidad, el mayor porcentaje de tortugas capturadas se obtuvo entre 3 y 4 brazas (5.4 – 6.8 m) (Fig. 5), las tendencias antes descritas se observaron para ambos años de muestreo (1998 y 1999), hay que tomar en cuenta que las mediciones de brazas de los pescadores es una medida bastante subjetiva pero que se tomó con la equivalencia de 1.8 m por braza.

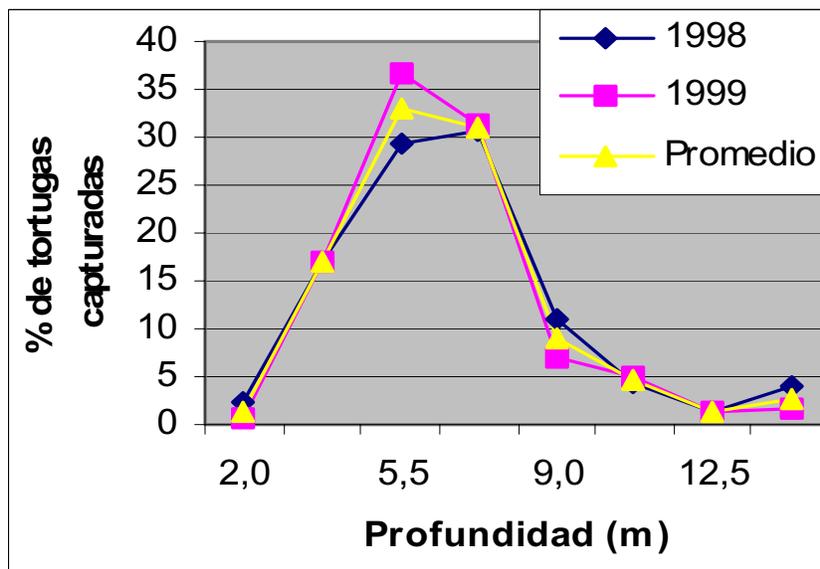


Figura 5. Porcentaje de tortugas capturadas por pescadores de las cooperativas según la profundidad.

En relación con el tipo de fondo los porcentajes más altos se encontraron en los Pedreríos, seguido en orden de abundancia, por las Cordilleras, las zonas de Múcaros, los Ramales, los Pastizales y los Arenales (Fig. 6). Los datos relacionados al tipo de fondo sólo son de la temporada 1999.

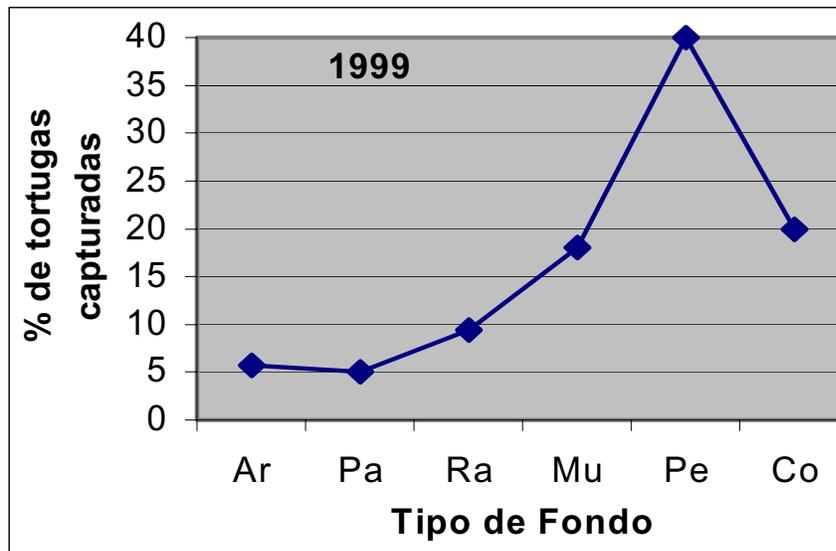


Figura 6. Porcentaje de tortugas capturadas por pescadores de las cooperativas según el tipo de fondo. AR: arenal; PA: pastizal; RA: ramales; MU: múcaros; PE: pedrerío; CO: cordilleras.

6.2 Buceos de prospección.

Del 10 de Junio al 7 de Septiembre de 1998 y del 2 de Junio al 27 de Agosto de 1999, se realizaron buceos de prospección con equipo de buceo libre, semiautónomo (Hooka) y autónomo (SCUBA) de acuerdo a la profundidad de cada sitio. Los sitios de muestreo fueron escogidos al azar tratando de abarcar la totalidad del área marina de la RBRL. El área de trabajo se dividió en 6 regiones de 10 km de ancho y se tomó la isóbata de 12 metros como limite (Fig. 1).

En la mayoría de estos buceos prospectivos se realizaron censos visuales de tortugas de carey juveniles siguiendo transectos lineales de 1,000 m de largo por 10 m de ancho, cubriendo un área de 1 hectárea (10,000 m²). En el punto inicial y final de cada sitio de muestreo, se registró la fecha, hora, posición geográfica en UTM utilizando el sistema global de posicionamiento por satélite (GPS), la profundidad y el tipo de fondo dominante. Por último se registró el numero de tortugas de carey juveniles que fueron observadas o capturadas durante el buceo.

En total se revisaron 130 hectáreas (60 ha en 1998 y 70 ha en 1999) y se registraron 30 tortugas de carey juveniles observadas durante los buceos prospectivos (15 tortugas en cada año).

Por región.

En ambos años, la mayor cantidad de buceos se realizaron en las regiones C y D, seguidos, en orden decreciente por la región B, A, F y E (Fig. 7). No obstante la moderada cantidad de buceos realizados en la región B, fue en esta región en la que se registró el mayor número total de tortugas observadas lo que concuerda con los resultados de los pescadores (Fig. 7 y 8). Por el contrario en la región C, aun cuando se hicieron gran cantidad de buceos, solo se observaron 3 tortugas, la región C, está en medio de las dos regiones con mayor abundancia de tortugas. Los resultados de los pescadores no concuerdan con esto ya que la región C presenta una abundancia igual que la D y aun más que la A (Fig. 4 y 8).

El número de tortugas observadas en cada región mostró una diferencia notable en función del año. En 1998 se observaron dos picos de abundancia, uno en la región D y otro menor en la región B; por otro lado en 1999 solo se observó un pico de abundancia en la región B (Fig. 8).

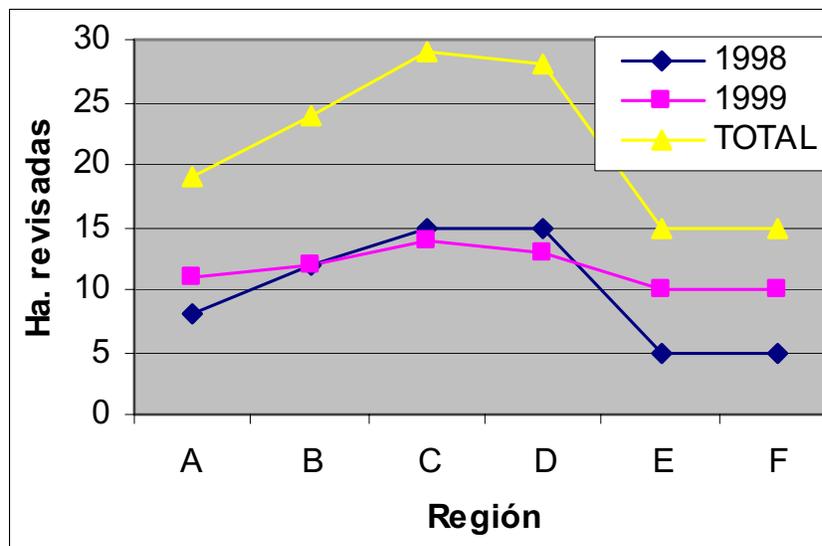


Figura 7. Distribución del esfuerzo de buceos frente a la costa de RBRL, según la región.

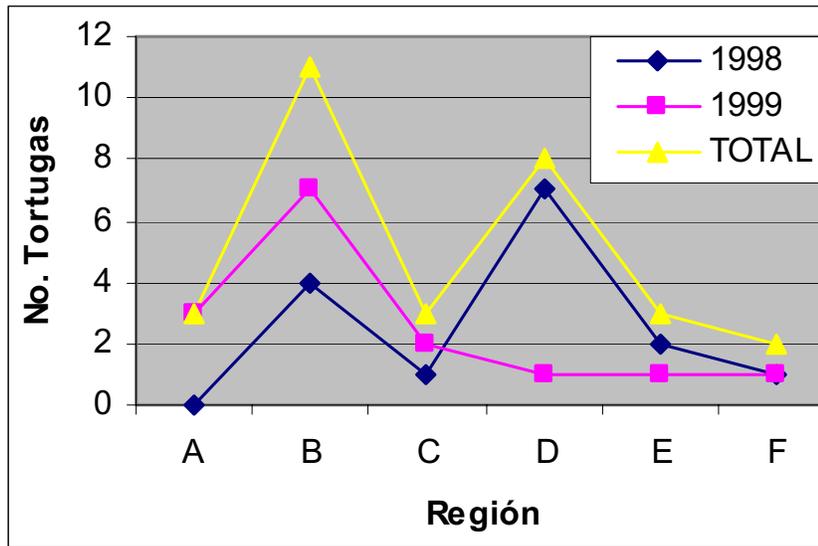


Figura 8. Abundancia de tortugas de carey observadas en las diferentes regiones de la RBRL.

Por profundidad.

Del total de buceos prospectivos, solo el 6% se llevaron a cabo a menos de 3 m de profundidad y solo una tortuga se encontró a menos de 3 m de profundidad (3.3%). Entre 4 y 5 m se realizaron mas del 40% de los buceos aquí se observó la mayor cantidad de tortugas (70%). Entre 6 y 7 m se realizaron casi un cuarto del total que correspondió al 25 % de tortugas. El resto de los buceos (30%) se realizó entre los 8 y 12 m de profundidad y no se observó ninguna tortuga (Fig. 9 y 10).

Este patrón concuerda con el de los pescadores ya que se encontró la mayor abundancia en las profundidades medias de los 4 a 7 m.

La tendencia antes descrita se presentó en ambos años, sin embargo durante 1999, menos del 20% de los buceos se realizaron entre los 6 y 7 m y más del 30% entre los 8 y los 12 m. Así mismo se observó que el pico de abundancia de tortugas en 1998 y 1999 se presentó a 5 m y a 4 m, respectivamente (Fig. 9 y 10).

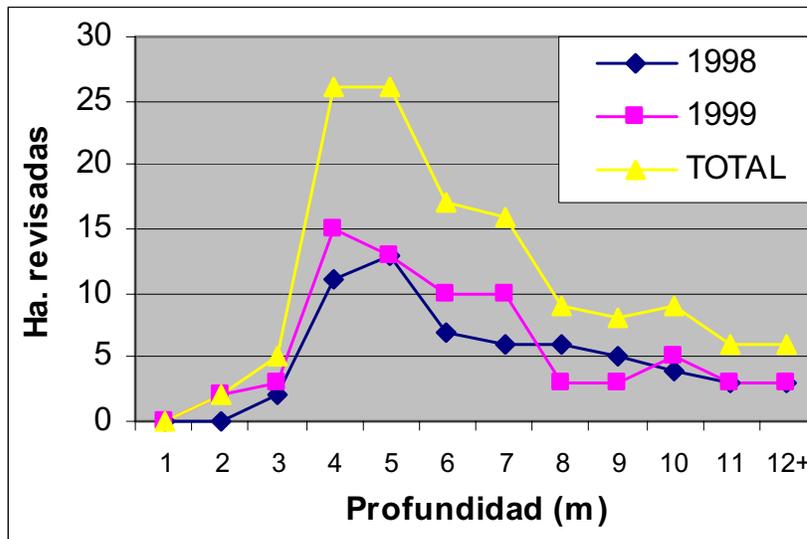


Figura 9. Distribución del esfuerzo de buceos frente a la costa de Río Lagartos según la profundidad.

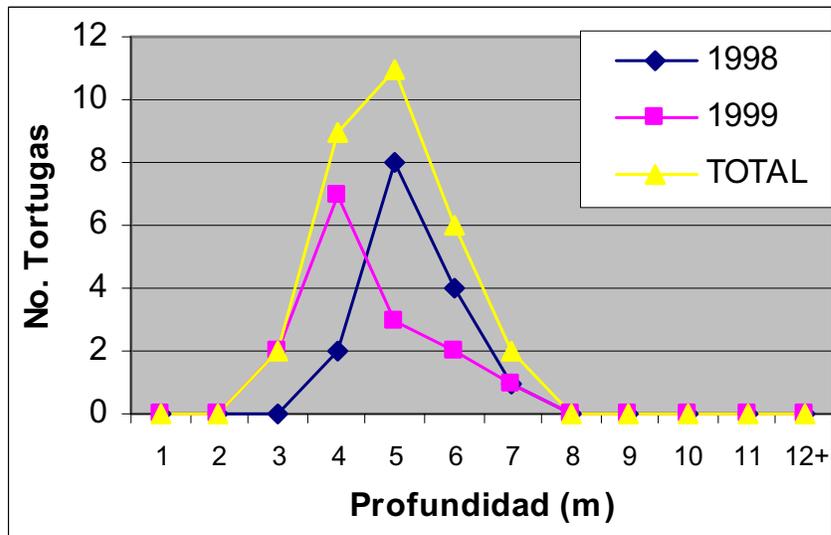


Figura 10. Abundancia de tortugas de carey observadas según la profundidad.

Por tipo de fondo.

De manera general, la mayor parte de los buceos se realizó en Cordilleras, Ramales y Pedreríos, seguidos por los Pastizales y Arenales y por último los Múcaros (Fig. 11). Comparando entre años, se observa que en 1998 los Ramales fueron mas visitados que en 1999 y por el contrario los buceos en Arenales fueron mas frecuentes en 1999 que en 1998 (Fig. 11).

En los sitios con Cordilleras se registró prácticamente el 50% del total de tortugas observadas, siendo este el tipo de fondo con mayor abundancia para ambos años. En orden de abundancia decreciente le siguen los Pedreríos, Ramales, Pastizales, Múcaros y Arenales. Aún cuando se observaron algunas pequeñas diferencias entre las temporadas, la tendencia es muy similar para ambos años (Fig. 12).

Obviamente los pescadores de langosta tienen una preferencia por los hábitats en de fondo duro en donde hay cuevas y lugares en donde las langostas se concentran durante el día por lo que en gran medida los resultados responden a este patrón de búsqueda. Igualmente la cantidad de buceos en los diversos tipos de fondo no son iguales porque en general no son abundantes en área, este es el caso de los múcaros que del que no hay una gran cantidad de hábitat con estas características. Sin embargo el numero de buceos prospectivos sobre arena, pastos y ramales no son mucho menores que los de pedreríos y cordilleras y parece claro que se encontró mayor abundancia de los organismos en estos dos últimos tipos de fondo lo que concuerda con los resultados de los pescadores (Fig. 11 y 12).

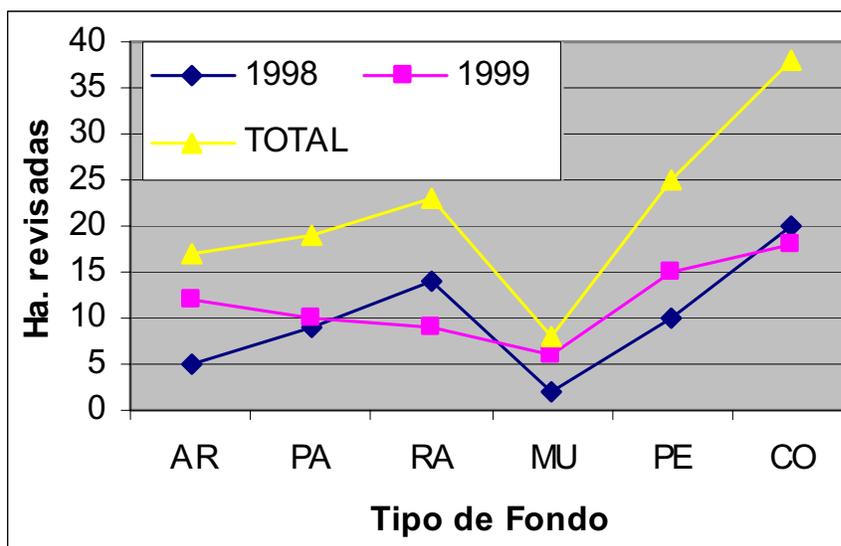


Figura 11. Distribución del esfuerzo de buceos frente a la costa de Río Lagartos según el tipo de fondo. AR: arenal; PA: pastizal; RA: ramales; MU: múcaros; PE: pedrerío; CO: cordilleras.

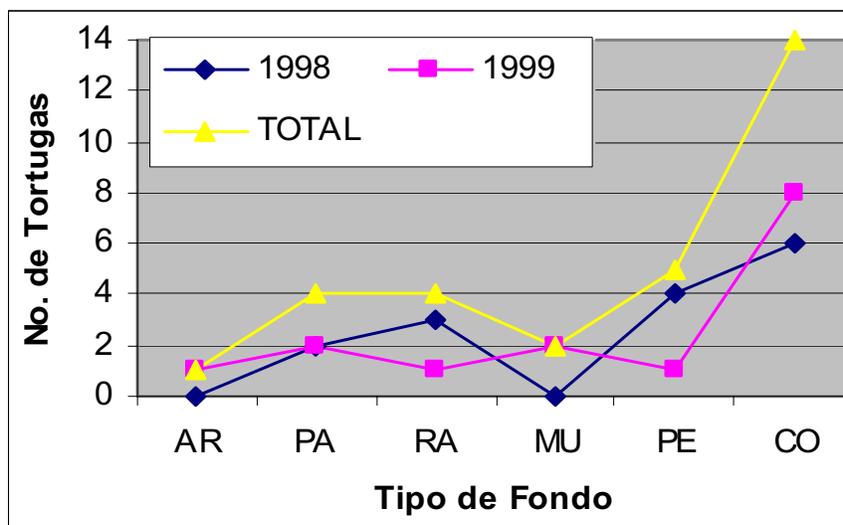


Figura 12. Abundancia de tortugas de carey observadas según el tipo de fondo. AR: arenal; PA: pastizal; RA: ramales; MU: múcaros; PE: pedrerío; CO: cordilleras.

6.3 Distribución espacial.

El patrón de distribución espacial se determinó a partir de la razón varianza:media de los valores de densidad de los organismos, denominada coeficiente de variación.

El coeficiente de variación ($CV = S^2 / X$), es la comparación de la variabilidad con el valor promedio este nos indica que cuando es < 1 los organismos se encuentran de manera homogénea o al azar, los valores de cada muestra es similar entre si, mientras que cuando el valor es > 1 hay mayor variación, hay muestras con muchos y muestras con pocos o ninguno, los organismos se encuentran agrupados, el índice varió fue de 1.17 y 1.61 para 1998 y 1999, respectivamente, mostrando un valor promedio de 1.39 (Tabla VIII). Considerando lo anterior, al extrapolar los valores de densidad sobre el área total se puede sobrestimar el tamaño de la población, por lo que se debe de tomar en cuenta cuales son los hábitats preferenciales y cuál es su superficie para ponderar las extrapolaciones.

Tabla VIII. Media, varianza y coeficiente de variación de los valores de densidad.

	1998	1999	Promedio
Media	0,25	0,21	0,23
Varianza	0,29	0,34	0,32
Coeficiente de Variación	1,17	1,61	1,39

6.4 Estimaciones de densidad.

Con los datos de cada buceo de prospección se estimó la densidad de tortugas de carey juveniles por hectárea revisada (ind / ha). Posteriormente, este dato se extrapoló a número de tortugas por kilómetro cuadrado (ind / km²) por región, por profundidad y por tipo de fondo.

La densidad general de la temporada 1998 fue de 25 ind/km² y la de 1999 fue de 21 ind/km², por lo que se obtuvo una densidad general promedio de 23 ind/km² (Fig. 13, 14 y 15).

Por región.

La densidad por región está en un intervalo entre 7 y 67 ind/km². Las regiones con mayor densidad promedio fueron, en orden descendente, la región B, seguida por las regiones D y E, la región F y por último las regiones C y A con menos de 10 ind/km² (Figura 11). Cabe señalar que se observaron diferencias importantes entre los años de muestreo, principalmente en las 3 regiones de mayor densidad.

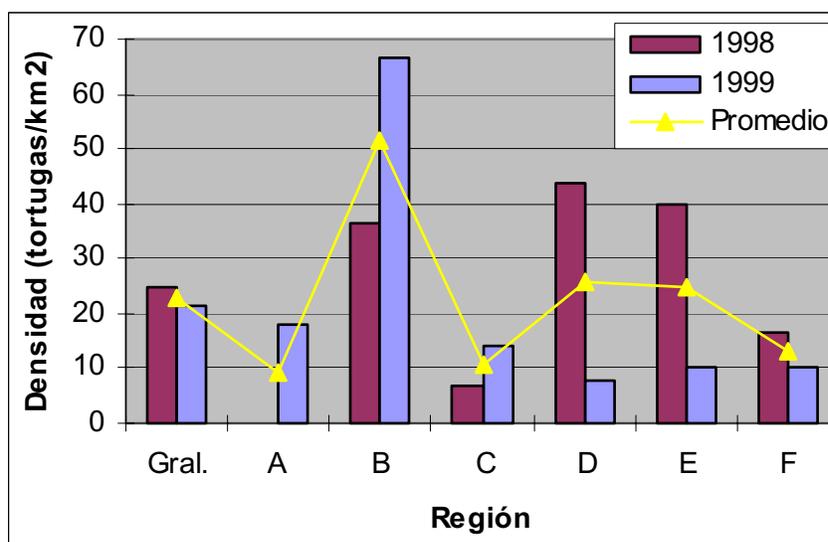


Figura 13. Densidad de tortugas de carey por región.

Por profundidad.

La mayor densidad promedio se observó a entre los 4 y los 6 m de profundidad (entre 34 y 42 ind/km²), registrándose el máximo valor a los 6 m de profundidad durante 1998 (67 ind/km²) y el mínimo (cual) a los 7 m durante 1999. A profundidades menores de 2 m y mayores de 8 m la densidad fue de 0 ind/km² (Fig. 14).

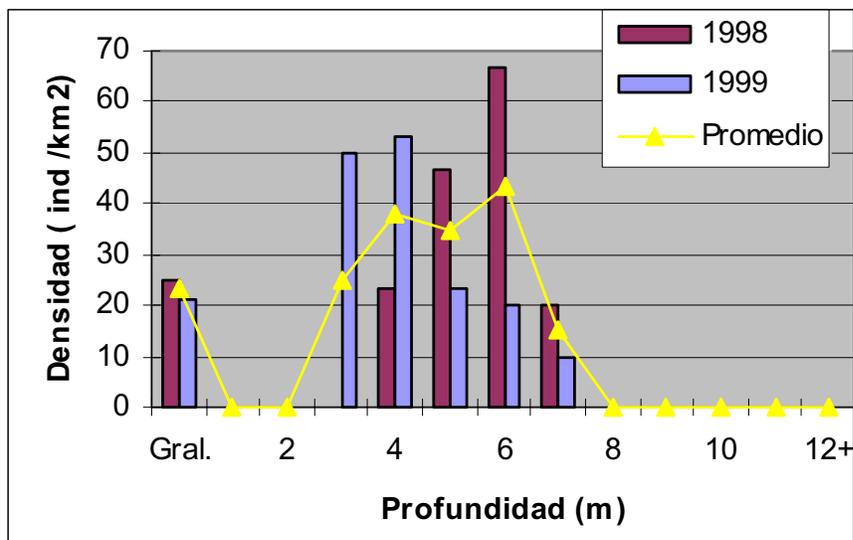


Figura 14. Densidad de tortugas de carey por profundidad.

Por tipo de fondo.

Con relación al tipo de fondo, se observó que los sitios con Cordilleras tienen los valores mas altos de densidad tanto en promedio como en cada año por separado (mas de 40 ind/km²). Después tenemos a los Pedreríos con el valor máximo de 50 ind/km² y un valor medio de 28 ind/km², seguidos por los Múcaros, los Ramales y los Pastizales con valores entre 14 y 17 ind/km² y por último los Arenales en donde se presentaron los valores mínimos (Figura 15). En los Pedreríos y los Múcaros, la diferencia entre años es muy pronunciada.

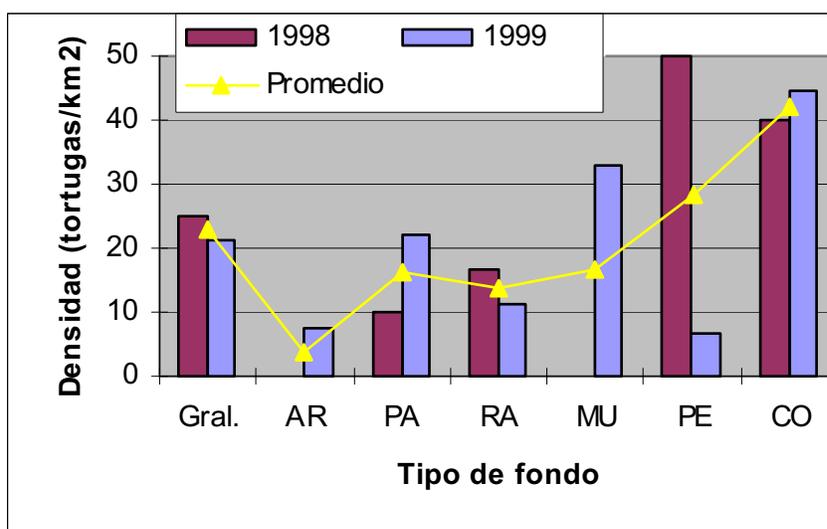


Figura 15. Densidad de tortugas de carey por tipo de fondo. AR: arena; PA: pastizal; RA: ramales; MU: múcaros; PE: pedreríos; CO: cordilleras.

6.5 Estimaciones del tamaño poblacional.

Integrando los datos de densidad de tortugas de carey juveniles por km² con los datos de áreas por región y por profundidad, se estimó el tamaño de la población de tortugas de carey en el área de estudio.

Por región.

Tomando en cuenta que solo se observaron tortugas juveniles a menos de 7 m de profundidad, el área acumulada hasta dicho intervalo es de 370 km² (Tabla I). Así mismo, si consideramos que cada una de las seis regiones en las que se dividió el área de estudio es una sexta parte del área total; entonces cada región tiene 62 km² de sustrato adecuado en el que se desarrollan las tortugas de carey juveniles. Extrapolando las densidades encontradas para cada región, se estimó una población total de 8,356 tortugas. La región B tiene una población de mas de 3,000 individuos; las regiones D y E representan, cada una, poco menos del 20% de la población total y las regiones restantes representan, en conjunto, menos de un cuarto del total de la población (Tabla IX).

Tabla IX. Estimación del tamaño poblacional por región.

Región	Area (km ²) (1-7 m)	Densidad promedio (ind / km ²)	Abundancia (Tortugas)	%
A	61	9	555	7
B	62	52	3194	38
C	62	10	650	8
D	62	26	1595	19
E	62	25	1550	19
F	61	13	813	10
Total	370	X = 23	8,356	100

Por profundidad.

El tamaño poblacional estimado a partir de las densidades por profundidad es de 10,085 tortugas. El 31% de la población se encuentra en áreas de 4 m de profundidad; a 6 m, se estima que hayan poco menos de 3,000 individuos (29%) aproximadamente; el 20% de la población se localiza en áreas de 5 m de profundidad y el resto (1,960 individuos) se encuentran en áreas de 3 y de 7 m de profundidad en proporción 3:4, respectivamente (Tabla X).

Tabla X. Estimación del tamaño poblacional por profundidad.

Prof.	Area (km ²)	Densidad promedio (ind / km ²)	Abundancia (Tortugas)	%
1	15	0	0	0
2	25	0	0	0
3	35	24	840	8
4	85	37	3145	31
5	60	34	2040	20
6	70	42	2940	29
7	80	14	1120	12
8	100	0	0	0
9	115	0	0	0
10	95	0	0	0
11	125	0	0	0
12	105	0	0	0
Total	910	X = 13	10,085	100

Por zona.

El patrón de distribución de las tortugas de carey juveniles es “agregada” por lo que extrapolaciones no ponderada pueden sobrestimar de manera considerable el tamaño poblacional de estas. Por tal motivo y con el propósito de hacer una aproximación más precisa del número de tortugas presentes en la población, se estimó la densidad de cada región para cada profundidad, utilizando el promedio de sus valores de densidad como factor de corrección. A cada una de estas áreas delimitadas latitudinalmente por los límites de cada región y longitudinalmente por el intervalo de profundidad correspondiente, se le denominó “zona”. Así pues se tiene que, el área que se encuentra en la región A y que tiene 3 m de profundidad pertenece a la zona “A3”.

En este contexto, se estimó una población total de 8,937 tortugas de carey juveniles (Tabla XI). La zona con mayor abundancia fue la B4 con 639 individuos; por el contrario, en las zonas A3 y C3 se presentaron los valores mínimos de tan solo 99 y 102 tortugas, respectivamente(Tabla XI).

Tabla XI. Estimación del tamaño poblacional por zona.

Región	Prof. (m)	Area (km ²)	Densidad media (ind / km ²)	Abundancia (Tortugas)	%
A	3	6	17	99	1,1
A	4	14	24	334	3,7
A	5	10	22	219	2,5
A	6	12	26	305	3,4
A	7	13	12	160	1,8
B	3	6	39	225	2,5
B	4	14	45	639	7,1
B	5	10	43	434	4,9
B	6	12	48	556	6,2
B	7	13	34	447	5,0
C	3	6	18	102	1,1
C	4	14	24	341	3,8
C	5	10	22	224	2,5
C	6	12	27	311	3,5
C	7	13	13	167	1,9
D	3	6	26	149	1,7
D	4	14	32	455	5,1
D	5	10	30	304	3,4
D	6	12	35	404	4,5
D	7	13	21	273	3,1
E	3	6	25	146	1,6
E	4	14	32	448	5,0
E	5	10	30	299	3,3
E	6	12	34	399	4,5
E	7	13	20	267	3,0
F	3	6	19	111	1,2
F	4	14	26	363	4,1
F	5	10	24	239	2,7
F	6	12	28	329	3,7
F	7	13	14	187	2,1
Total		330	X = 27	8,937	100

7. ESTRUCTURA Y PARÁMETROS DE LA POBLACIÓN.

- Estimar el tamaño de la población de tortugas de carey juveniles en la RBRL.
- Determinar la abundancia y estructura por edades de la población.
- Estimar los parámetros poblacionales como: tasa de reclutamiento, tasa de mortalidad y tasa de crecimiento.

7.1 Modelo de Jolly - Seber.

El marcado se utiliza para múltiples objetivos, éste requiere de la recuperación de la marcas. Entre la información que nos puede dar tenemos los movimientos (migraciones), la tasa de crecimiento y su demografía, entre los más usuales. Es una técnica común para estimar la abundancia de los organismos en la naturaleza.

Uno de los métodos que se utiliza para la estimación del tamaño de una población a partir captura – recaptura es el de las ecuaciones para poblaciones abiertas con varias muestras desarrollado por Jolly y Seber, este método estima el tamaño de la población y la sobrevivencia. Con la información de 1999 el método solo puede calcular el tamaño de la población de 1998 y la tasa de sobrevivencia de 1997.

El método asume las siguientes suposiciones:

- no hay nacimientos, muertes, inmigración, emigración durante el periodo de estudio (en el caso de las poblaciones abiertas este supuesto se relaja);
- todos los animales tiene la misma probabilidad de ser marcados;
- las marcas no afectan la probabilidad de ser recapturadas;
- las marcas no se pierde, o se puede detectar en que proporción sucede;
- la recaptura es una muestra al azar de la población.

Los parámetros dentro del modelos son:

m_t = Número de animales marcados capturados en la muestra t

u_t = Número de animales NO marcados capturados en la muestra t

n_t = Número total de animales marcados en la muestra t

s_t = Total de animales liberados después de la muestra t

s_t = (n_t – organismos que por alguna razón no se volvieron a liberar)

m_{nr} = Número de animales marcados capturados en la muestra t con última captura en la muestra r

R_t = Numero de organismos liberados s_t en la muestra t y capturados en otra muestra posterior

Z_t = Numero de organismos marcados antes de la muestra t , no capturados en la muestra t , pero campturados en alguna otra muestra antes de la muestra t

El tamaño de la población se estima :

$$\text{Tamaño_de_la_poblacion} = \frac{\text{Tamaño_de_la_poblacion_marcada}}{\text{Pr oporcion_de_organismos_marcados}}$$

La proporción de animales marcados es:

$$\hat{\alpha}_t = \frac{m_t + 1}{n_t + 1}$$

El tamaño de la población marcada se puede estimar:

$$\hat{M}_t = \frac{(s_t + 1)Z_t}{R_t + 1} + m_t$$

Entonces el tamaño de la población es:

$$\hat{N}_t = \frac{\hat{M}_t}{\hat{\alpha}_t}$$

Se estima también la tasa de perdida y de adición de la población:

$$\hat{\phi}_t = \text{Pr obabilidad_de_sobrevivir_de_la_muestra_t_a_la_muestra_t+1}$$

$$\hat{\phi}_t = \frac{\text{Tamaño_de_poblacion_marcada_al_principio_al_tiempo_t+1}}{\text{Tamaño_de_la_pblacion_al_final_de_la_muestra_t}}$$

$$\hat{\phi}_t = \frac{\hat{M}_{t+1}}{\hat{M}_t + (s_t - m_t)}$$

El método también calcula la tasa de dilución que incluye los nacimientos y la inmigración:

$$\lambda_t = \text{Tasa_de_dilicion_de_la_muestra_t_a_la_t+1}$$

$$\lambda_t = \frac{\text{Tamaño_actual_de_la_poblacion_en_la_muestra_t+1}}{\text{Tamaño_de_la_poblacion_esperado_si_no_hay_adiciones_en_la_muestra_t+1}}$$

El tamaño de la población esperado si no hay adiciones claramente se puede calcular:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tamaño_de_la_poblacion} \\ \text{esperado_al_tiempo:t+1} \end{array} \right\} = \left(\begin{array}{l} \text{Porbailidad_de_sobrevivir} \\ \text{de_t_a_t+1} \end{array} \right) \left(\begin{array}{l} \text{Tamaño_de_la_poblacion} \\ \text{al_tiempo_t} \end{array} \right)$$

Que si se corrige tomando en cuenta a organismos que se murieron en el transcurso del marcado:

$$\lambda_t = \frac{\hat{N}_{t+1}}{\hat{\phi}_t(N_t - (n_t - s_t))}$$

Si no hay ninguna adición en el tiempo t al tiempo t+1 el valor será 1.

Cuando se tiene una serie de estimaciones del tamaño de la población se puede definir:

$$\text{Tasa_finita_del_cambio_de_la_poblacion} = \frac{N_{t+1}}{N_t} = \phi_t \lambda_t$$

Cuando no hay perdidas ($\phi_t = 1.0$) y no hay adiciones ($\lambda_t = 1.0$) la población permanece constante.

Adicionalmente de la tasa de crecimiento, se obtiene el número de individuos con que creció la población definido por:

$$B_t = \text{Numero_de_organismos_que_entran_a_la_pobalcion_entre_t_y_t+1}$$

$$\hat{B}_t = N_{t+1} - \hat{\phi}_t(\hat{N}_t - (n_t - s_t))$$

Como se puede ver las estimaciones de los parámetros: $\hat{N}_t, \hat{\phi}_t, \lambda_t, \text{y } \hat{B}_t$, no son independientes de lo que esta pasando en la población, están interconectadas por lo que cuando no se tiene buena estimación de uno todos tendrán la misma incertidumbre.

Las estimaciones de (N_t) y la tasa de dilución (λ_t) no se pueden obtener de la primera muestra o de la última muestra, ya que se necesitan la de t+1. Igualmente la probabilidad de sobrevivir en el tiempo t requiere de las muestra t+2.

Tomando en cuenta lo anterior y con la finalidad de estimar los valores de 1990, se hizo un Análisis de Montecarlo introduciendo una serie de valores, que sigan la misma tendencia de las recapturas que se han obtenido hasta hoy, en los años 2000 y 2001.

Los resultados del modelo de Jolly Seber se condensan en las Tablas XII y XIII. El parámetro más importante que se calcula de este modelo es el que se refiere al tamaño de la población. En este caso si tomamos los datos de los años 1996 a 1999 cuando la cantidad de marcas y recapturas fue similar, tenemos un promedio de 2,729 organismos (con una desviación estándar de 1,029). Obviamente es una variación entre los años alta; sin embargo, si tomamos en cuenta el área que se esta muestreando, el área entre Río Lagartos y al este de Las Coloradas, aproximadamente 40 km de playa y la isobata de 12 m esto da como resultado 600 km² por lo que se tendría una densidad de 4.54 tortugas/km², lo que no resulta una densidad fuera del orden de los valores que se obtuvieron por métodos directos que en general son más altos.

En cuanto a la sobrevivencia de los valores resultan relativamente bajos, sin embargo en este caso la “sobrevivencia” significa la perdida de organismos de la muestra y esto no necesariamente es por la muerte de los mismos también se pueden perder por migración fuera de la zona. Los datos que tenemos al respecto incluyen al menos 4 recapturas en lugares tan distantes como Nicaragua, Cuba, Campeche y frente al Puerto de Progreso, por lo que suponemos que hay una parte de estos organismos juveniles que se desplazan de la zona, de manera horizontal, fuera de la zona de la Reserva o de la zona donde los pescadores de langosta realizan sus capturas.

Otra hipótesis que planteamos sobre la salida de los organismos de la posibilidad de ser maestreados es que suponemos que conforme estos crecen buscan profundidades mayores por lo que están fuera de la isobata de los 12 m que consideramos como el límite del muestreo. Los pescadores siguen observando tortugas más allá de esta profundidad pero no las capturan por el peligro de descompresión que representa salir a la superficie de mayores profundidades. Este mismo problema afecta el tamaño de la población, si se capturan mayor cantidad de organismos marcados esto implica un descenso en el estimador del tamaño de la población.

Tabla XII. Recapturas de tortugas juveniles de carey, los valores hasta 1999 son los que se han obtenido y con estos se pueden calcular la R_t y la Z_t . En las columnas se colocaron valores de las posibles recapturas que se podían obtener en el año 2000 y 2001 con el fin de estimar la mortalidad de 1999.

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2001		R_t	Z_t
1993		2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1993	3	
1994			3	1	0	1	0	0	0	0	0	1994	5	1
1995				2	0	0	0	0	0	0	0	1995	2	2
1996					5	3	1	1	0	0	0	1996	10	1
1997						15	7	2	1	0	0	1997	25	6
1998							23	8	5	0	0	1998	36	12
1999								37	12	0	0	1999	49	17
2000									45	0	0	2000	45	18
2001										0	0	2001	0	0
2002											0	2002	0	0

Tabla XIII. Resultados del tamaño de la población por medio del método de Jolly-Seber derivados de la Tabla XII.

Año	Proporcion de marcadas	Tamaño de la población marcada	Estimado de la población	Probabilidad de sobrevivir
1993	0.04	0	0	0.42
1994	0.07	9	137	0.70
1995	0.11	35	332	0.49
1996	0.02	38	1603	0.17
1997	0.02	62	4003	0.41
1998	0.06	128	2283	0.44
1999	0.07	198	3026	0.40
2000	0.09	263	2945	

7.2 Frecuencia de longitudes.

Las frecuencia de longitudes es uno de los métodos para el estudio de la poblaciones más usado, estas nos indican lo que se conoce como la estructura de la población. Se basa en el hecho de que las diferentes generaciones o cohortes nacen al mismo tiempo y los organismos de cada generación crecen de manera similar. Al obtener una muestra de la frecuencia de tallas (tamaños) de una población, o en este caso de una porción de la población, encontramos una frecuencia multimodal, que se relacionan con las cohortes de diferentes edades.

Las tortugas tienen un periodo de reproducción de 5 meses durante el año y dentro de este periodo se presenta una distribución en forma de campana, esto es con un máximo intermedio en 2 meses (Garduño, 1999), por lo tanto cada año hay un pulso discreto de reproducción que forma una cohorte.

Las tortugas pasan después de nacer a una vida pelágica los primeros (1-3 años) cuando alcanzan un tamaño de 20 a 24 cm se reclutan a una vida demersal y las cohortes todavía se muestran en la estructura. Las tortugas de cada cohorte crece de manera similar durante varios años los datos obtenido de esta porción de la población muestran varios picos o modas que se identifican como diferentes cohortes de varios años.

Conforme los individuos aumenta la variabilidad de los tamaños de las cohortes porque se separan los que crecen más rápidamente de los que crecen más lento y así los que crecen mas rápido “alcanzan” a los que crecen más lento de la generación anterior y se van mezclando los tamaños de las diferentes cohortes.

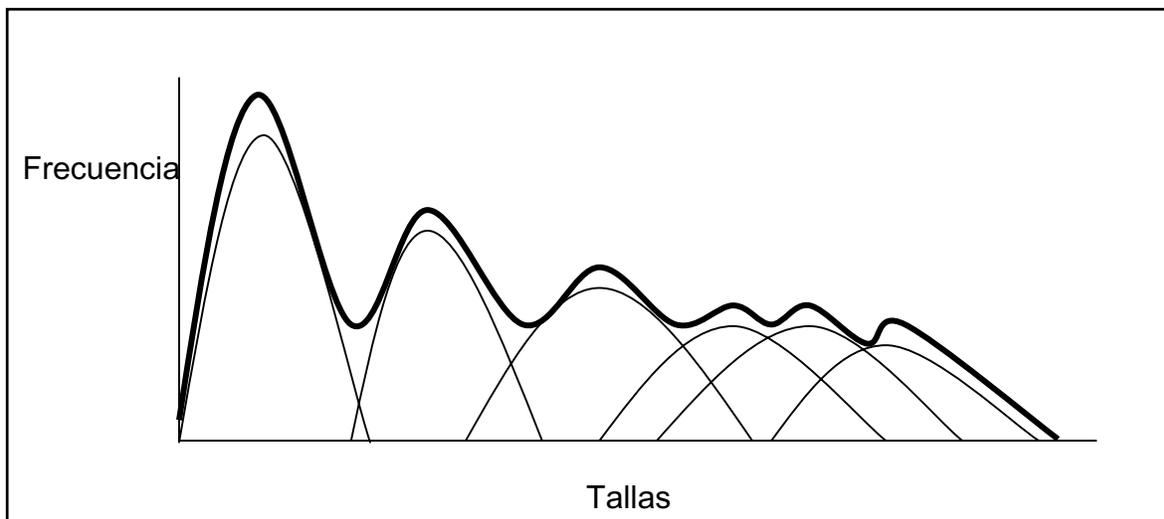


Figura 16. Representación general de la frecuencia de tallas de una población.

En la Figura 16 se muestra con la línea más gruesa los resultados de la medición de una serie de frecuencia de tallas en una población de organismos, que se interpreta (con las curvas de líneas más delgadas) como las diferentes cohortes, como se puede notar cada vez las cohortes son más anchas esto es hay mayor variabilidad en los tamaños y se mezclan, sin embargo se solapan en la orillas y se puede distinguir de manera clara el pico de la moda que identifica a la cohorte. En el caso de las tortugas que son organismos muy longevos después de un punto la mezcla entre las cohortes es tal (hacia la derecha de la Figura 16) que no se pueden seguir las cohortes, sin embargo es claro que en los primeros años este método es de gran utilidad.

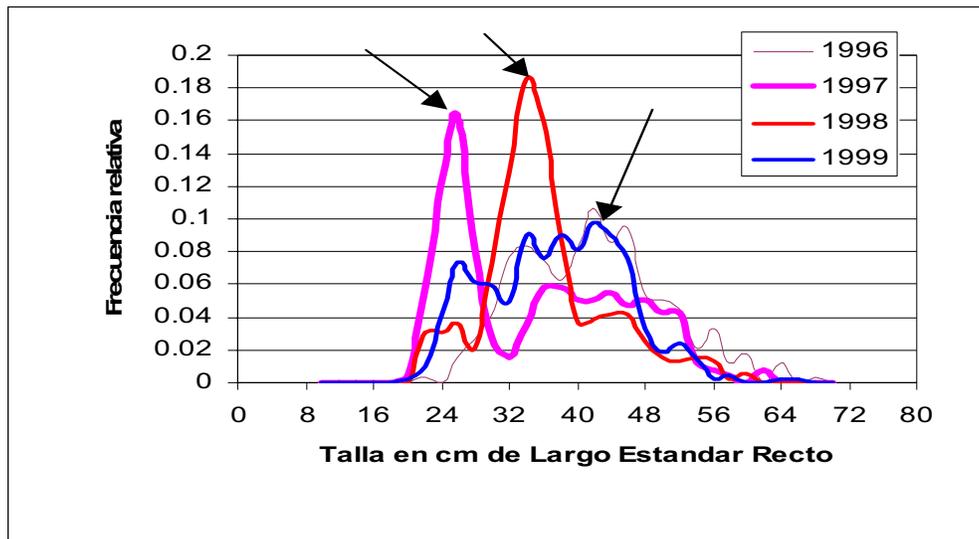


Figura 17. Frecuencia relativa de tallas de las tortugas de carey juveniles capturadas de 1996 a 1999.

En la Figura 17 se pueden ver las frecuencias de longitud de 4 años consecutivos (1996 a 1999). Hay varias cuestiones importantes que se desprenden del análisis de esta gráfica. La primera es que en efecto hay modas que se destacan y a las que podemos considerar como cohortes, en la Figura 18 se observa la muestra de juveniles obtenida en un día, es evidente que hay 3 tamaños de tortugas identificados, con mas de un organismos de cada uno, se nota la diferencia entre los tamaños de una cohorte y otra, como se refleja en la figura 17.

Un segundo aspecto que se desprende del análisis es que 1997, presenta un reclutamiento mayor que el resto. La mortalidad entre las cohortes puede ser diferente cada año sobre todo en las primeras etapas. Por ejemplo una cohorte puede ser muy abundante o vigorosa por el hecho de que haya una gran cantidad de alimento o que de alguna manera los depredadores en la etapa pelágica sean poco abundantes. Lo contrario para una cohorte que sea poco abundante el alimento puede ser escaso o altas la mortalidad por depredación u otra causa.

Por ejemplo la pérdida de una gran parte de la cohorte de la tortuga blanca se dio en 1988 cuando el huracán Gilberto destruyó las playas de anidación antes de que salieran las tortugas de sus nidos.

También podemos notar que la cohorte de 24 cm del 1997 fue muy vigorosa por que el año siguiente, 1998, se sigue la moda perfectamente, sólo que corrida hacia la derecha 8 cm y posteriormente en 1999 otros 8 cm más hacia la derecha de la gráfica (se señala con las flechas), estos incrementos concuerdan la tasas de crecimiento de las capturas y recapturas.

En el año 1998 y 1999 se nota un menor reclutamiento que en 1997 pero en ambos años se pueden distinguir las modas de los nuevos reclutas. En la línea de 1996 es donde menos se muestra el reclutamiento de estas tallas. El promedio del reclutamiento en los tres años (1997-99) es de 1,010 organismos (D.S. = 737).

Otro aspecto interesante sobre el reclutamiento es que la Clase I de 1998 (475 individuos) se incrementa de manera importante a la Clase II de 1999 (1169 individuos), esto puedes significar, que como las muestras se tomaron en los mismos meses cada año (julio y agosto). En el año 1997 los reclutas ya estaban en el área de muestreo en esos meses, mientras que el año siguiente presentó un reclutamiento más tardío después del muestreo, que se infiere del aumento de organismos de la Clase II de 1999.

En las líneas de 1996 y 1999 se pueden notar varias modas que coinciden entre ellas y con las de los otros años, esto es porque el crecimiento de los organismos de las diversas cohortes es similar y hay una constante en los tamaños que alcanzan las tortugas a la misma edad y al que las tortugas se reclutan a el área de forrajeo.



Figura 18. Tortugas de carey juveniles de diferentes tamaños, capturadas por pescadores de Río Lagartos en un día de trabajo.

7.3 Tasa de Mortalidad por medio de la Curva de Captura.

Uno de los métodos más comunes para la medición de la mortalidad es la Curva de Captura consiste en obtener una regresión lineal del logaritmo natural del número de organismos sobrevivientes v.s. su edad, el valor de la pendiente de la regresión es el valor de la tasa instantánea de mortalidad (Z). Los valores para la aplicación de este método los obtuvimos de los resultados de los capítulos anteriores, esto es, del tamaño de la población de los años 1997 a 99 y de las frecuencias de captura.

Tabla XIV. Porcentaje de las clases para los 3 años y el número de tortugas según la estimación por medio del método de Jolly-Seber. En gris se encuentran los valores a los que se aplica la curva de captura.

Por ciento de las clases			
	1997	1998	1999
I	0.5	0.2	0.2
II	0.2	0.6	0.4
III	0.2	0.1	0.3

Numero de tortugas de cada clase			
I	1842	435	755
II	841	1365	1169
III	813	335	897

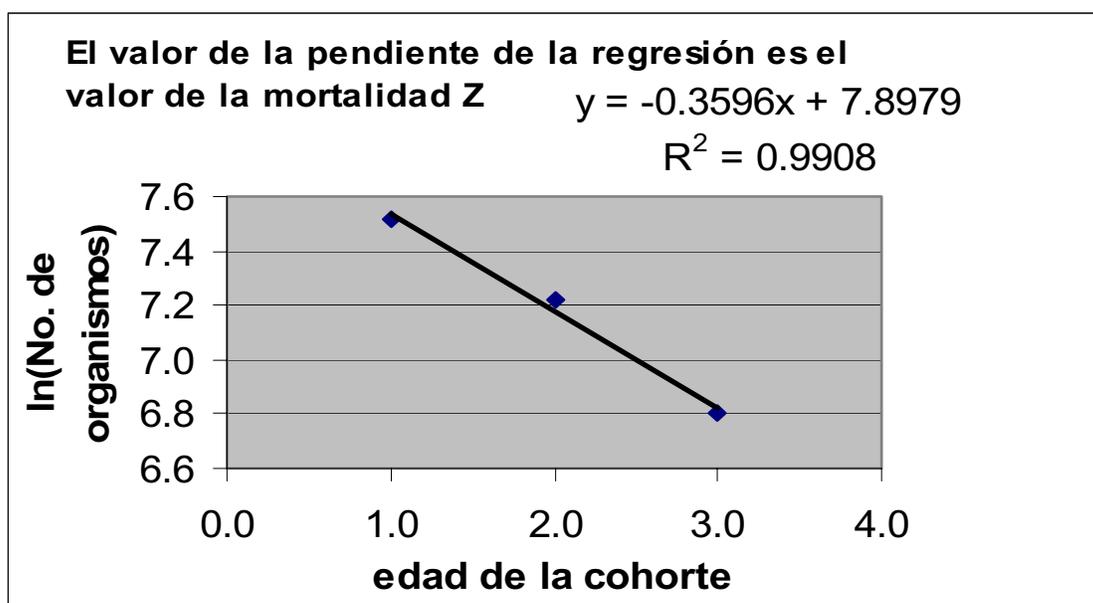


Figura 19. Curva de captura en la que se encuentra una estimación de la mortalidad total Z.

El valor de Z en este método al igual que la sobrevivencia de obtenida por método de Jolly Seber parece ser demasiado elevado para una especie de vida tan larga, una mortalidad instantánea de $Z=0.35 \text{ año}^{-1}$ significa que se estarían muriendo anualmente el 30% de la población por lo que difícilmente llegarían las tortugas a la reproducción. En el caso de la tortuga de carey de la Península de Yucatán durante la última década hemos tenido un repunte muy importante en la cantidad de hembras que se registran desovando en las playas (Garduño et al. 1999). Un modelo estructurado por edades que se ajusta a este crecimiento de la población (Garduño, en preparación) nos indica que la mortalidad total Z debe de ser del orden de 0.14 a 0.11 año^{-1} , esto significaría que sólo se pierden entre 10 y 15 % cada año. Los resultados de Guzmán (1998) consideran valore la $Z=0.175$. Otros trabajos como los de Heppler y Carrillo suponen sobrevivencias del 0.90 al 0.95

La explicación para estos altos valores es que se mide la tasa de dilución que es la suma de la mortalidad, la migración de los organismos, la probabilidad de ser capturados en el muestreo. Puede haber migración vertical hacia mayores profundidades dentro de la misma área o migración horizontal hacia otras zonas (Meylan, 1999), o ambas.

7.4 Tasa de crecimiento en condiciones naturales.

La tasa de crecimiento es uno de los parámetro más importantes en la dinámica de las poblaciones de los organismos, uno de los métodos más comunes para medir el crecimiento es por medio del método de marcado-recaptura. En el caso de las tortugas normalmente se tiene un acceso muy limitado a marcar organismos de diferentes tamaños. Durante muchos años el marcado se ha reducido a las hembras en la playa, lo que arroja datos poco útiles para medir el crecimiento ya que estas hembras han terminado de crecer o incrementan muy poco su talla. Esto ha causado que los estudios de crecimiento en tortugas sean bastante limitados, algunos de los más relevantes en el medio natural son: Frazer y Ehrhart, (1985); Frazaer y Ladner, (1986); Bjorndal y Bolten, (1988), Chaloupka y Limpus (1997), Diez y van Dam (1997). También se ha logrado obtener datos de crecimiento por medio organismos en cautiverio (Wood y Wood, 1993), con base en el análisis de frecuencias de longitud (Ross y Perrant, 1992) y por marcas en estructuras duras (Zug y Parham, 1996). Uno de los problemas adicionales después de encontrar la tasa de crecimiento es la validación de la edad de las tortugas y por último la edad en la que alcanzan la madurez. Todo esto para fines prácticos de poder hacer predicciones sobre la dinámica de la población y para su aplicación en el manejo y la conservación de estos organismos.

Este capítulo presenta los resultados del trabajo que tiene como objetivo estimar el crecimiento de la tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) por medio del modelo de von Bertalanffy.

La metodología que se siguió en este trabajo consiste en capturar organismos, medirlos y marcarlos, liberarlos en el medio natural, para después de cierto tiempo volverlos a captura y poder medir cuál ha sido su incremento en la talla. Para marcarlos se usaron grapas de acero monel que se aplicaron en el borde posterior de las aletas delanteras, normalmente una en cada aleta. Las mediciones se hicieron a partir del escudo nual a la punta del escudo postcentral del caparazón, con una regla o calibrador de metal de 1.2 m; Largo Estándar Recto del Caparazón (LSRC) y también con una cinta de sastre, Largo Estándar Curvo del Caparazón (LSCC), también se toman las medidas del ancho y la del plastrón. Tanto para el marcado como para tomar las medidas se siguen las indicaciones del manual de W.A.T.S. (Pritchard et al., 1983). Se calcularon regresiones lineales entre los dos tipos de medidas de largo, de manera de poder convertir de Recto al Curvo y vice versa.

La muestra se compone de dos clases de tortugas: 1) las juveniles , capturadas a mano, buceando en la zona de forrajeo, éstas se midieron por varias personas y en alguno de los casos se hizo uso de la regresión lineal ya que sólo se tenía la medición curva, se usaron todas las recapturas que se tienen disponibles; 2) adultas, estas son hembras que se midieron en la playa de desove, se escogieron para este caso una muestra de tortugas que hubieran sido medidas por una sola persona (Garduño) con el mismo calibrador de metal y que presentaran algún incrementos en la talla.

El calculo de los parámetros k y L_{∞} del modelo de von Bertalanffy se hizo por medio de la ecuación propuesta por Fabens (1965), los cálculos se realizaron en una hoja electrónica de Excel, este método usan mínimos cuadrados y permite calcular los intervalos de confianza y el ajuste a la curva (r^2). La ecuación del modelo es:

$$L_t = L_{\infty} (1 - be^{-kt})$$

donde L_t es el largo a la tiempo t , L_{∞} es el largo asintótico o infinito, e es el logaritmo natural, k es la tasa de crecimiento, t el tiempo y b es un parámetro que esta relacionado con el tamaño de los organismos al nacer:

$$b = 1 - L_0 / L_{\infty}$$

Donde: L_0 es el largo de las tortugas al nacer.

Se uso el LSRC para lo cual algunas medidas curvas fueron convertidas bajo la ecuación de la regresión lineal:

$$LSRC = 0.9927 LSCC + 0.2782 \quad (r^2=0.99; n=68)$$

En la Figura 20 se presenta la curva generada por el modelo a partir de la ecuación:

$$L_t = 93.1 (1 - 0.95 e^{-0.126t})$$

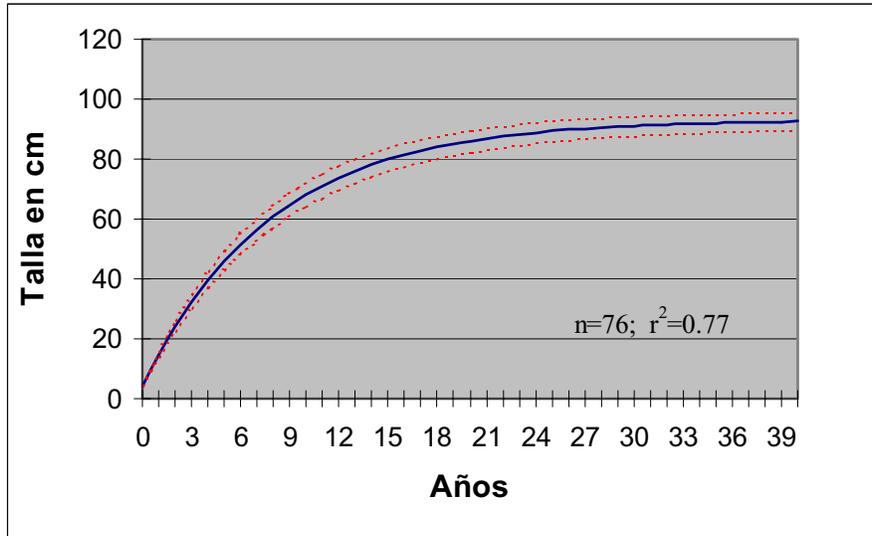


Figura 20. Curva de crecimiento a partir del modelo de von Bertalanffy de la tortuga de Carey en Yucatán.

La curva presentó un ajuste $r^2=0.77$, los valores de los parámetros fueron $k=0.126\pm 0.0077 \text{ año}^{-1}$ y $L_\infty = 93.1\pm 2.8 \text{ cm}$, al 95% de confianza. El intervalo de las tallas de los juveniles va desde 22.1 cm a 65.2 cm LSRC ($n=67$) con un crecimiento promedio de $7.2\pm 1.99 \text{ cm/año}$, el tiempo de recaptura estuvo en un intervalo de 300 a 1466 días. El intervalo de tallas de las tortugas adultas es de 83.7 cm a 96.3 cm LSRC ($n=9$) con un crecimiento promedio de $0.34\pm 0.28 \text{ cm/año}$ y un intervalo entre las mediciones de 673 a 1,095 días.

La talla más pequeña que se ha registrado en las playa de anidación es de 71 cm LSRC (76 cm LSCC), pero la mayor parte de la población está por arriba de los 81 cm LSRC (87 cm LSCC) y la moda es 90 cm LSRC (97 cm LSCC).

Se realizó un análisis de varianza de una vía para probar si dentro de las clases de talla de 20, 30 y 40 cm, las tortugas presentan diferencia en la tasa anual de crecimiento (Fig. 21). La prueba no indica que haya diferencias entre las 3 clases ($F=2.69 < F_{0.05}=3.59$; $p=0.075$; $n=67$)

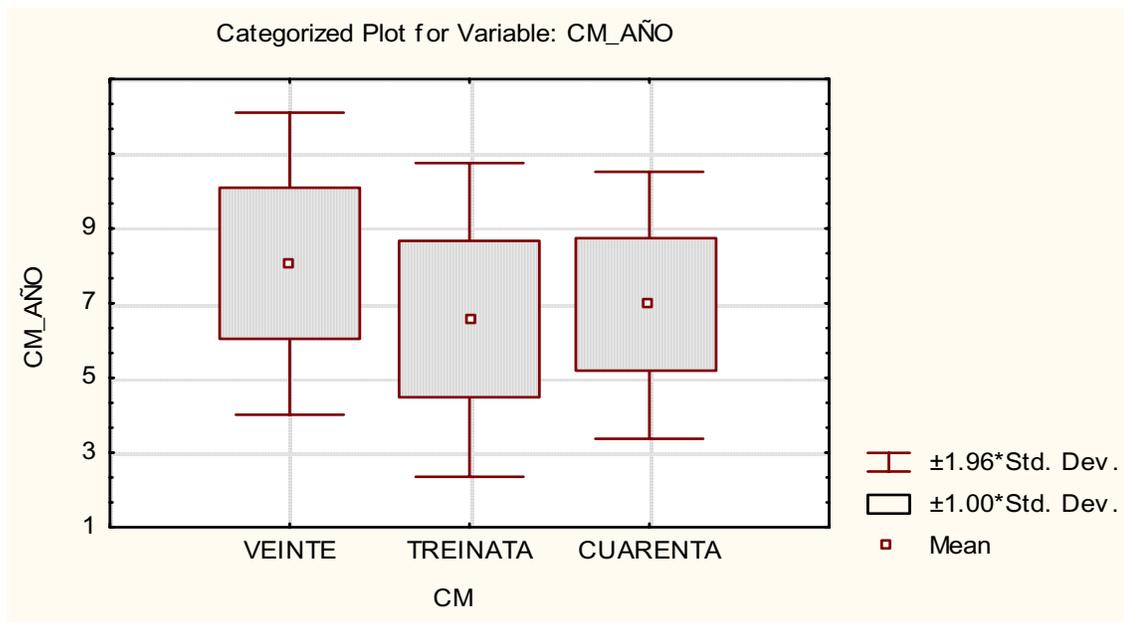


Figura 21. Representación gráfica del análisis de varianza de la tasa anual de crecimiento entre las clases de talla.

El crecimiento de las tortugas ha sido fuente de controversia entre los especialistas dedicados a la estudio de las tortugas, por una parte la diferencia en los resultados de las tasas de crecimiento en las diferentes partes del mundo en donde se han medido están en un intervalo muy amplio (Tabla XV), por otra parte en la mayoría de los casos el tamaño de muestra es muy pequeño, en varios caso se reduce a un organismo. Igualmente por una parte se considera al modelo de von Bertalanffy como un buen descriptor del crecimiento de las tortugas (Bjorndal y Bolten, 1988) y otros autores suponen que otros modelos son los adecuados (Chaloupka y Limpus ,1997; Carrillo et al. 1998).

La tasa de crecimiento es controlada por factores intrínsecos de individuo y factores exógenos o ambientales. Los primeros tiene que ver, por ejemplo, con el sexo, el genotipo y la salud del cada individuo. Los factores ambientales incluyen la temperatura del agua, la calidad y cantidad del alimento y la oportunidad de acceder a él (van Dam, 1999). Carrillo et al. (1998) analizaron la temperatura de 138 datos de crecimiento en todo el mundo contra la temperatura del mar encontraron que el 50% de la variación dentro le modelo puede ser explicado la temperatura del ambiente. Pero la idea principal es buscar un modelo o función que al final defina con uno o varios parámetros el crecimiento de un grupo de individuos, una población o una especie. Así si ponemos un grupo de organismos de un mismo nido dentro del mismo estanque y les damos alimento después de varios meses nos damos cuenta que es posible que todas las tortugas hayan crecido de la misma manera y la variación entre unas y otras sea mínima (v.g. Xcartet).

Los resultados de Las Coloradas están entre los más altos, pero hay incrementos mayores, aunque son puntuales, como los que presentan Bjorndal y Bolten (1988) de tortugas medidas en Union Creek o el de González-Malpica y Carranza (1995) para un organismo en Isla Contoy sitio a 100 km de distancia de Río Lagartos, también son similares con los encontrados en el norte de Australia por Kowarsky y Capelle (1979; tomado de Witzell, 1983). Los incrementos de juveniles que se han encontrado en la isla Mona, Puerto Rico, son inferiores, del orden de 3 y 4 cm/año a los de México. Los intervalos que presentan en Mona, muestran mediciones de 0.0 cm/año. Uno de los factores que podría influenciar el crecimiento será la salud, luego cual sería la validez de incluir organismos que podríamos identificar como enfermos y fuera de la normalidad de lo que se está midiendo.

7.4.1 Parámetros k y L_{∞} .

Los valores de k publicados para esta especie son escasos, están los presentados por Ross y Ottenwalder (1991) de $k=0.24 \text{ año}^{-1}$ que fue estimado en base de frecuencias de longitud de la pesquería de tortugas en la Rep. de Cuba y una $k=0.193 \text{ año}^{-1}$ calculada en base al crecimiento de tortugas de 1 mes a 2 años en condiciones de cultivo también en Cuba; por otra parte Doi et al. (1992) usan en un modelo poblacional (DOIRAP) una $k=0.101 \text{ año}^{-1}$, luego los resultados de nuestro trabajo muestra un valor intermedio entre estas, en el primer caso alcanzarían 80 cm LSRC a los 7 años, mientras que en el segundo a los 12 años.

Respecto a otras especies para la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) que al parecer tiene crecimiento más lento, probablemente producto de tener una dieta herbívora: $k= 0.075 \text{ año}^{-1}$ de Frazer y Lander (1986) y $k= 0.0887 \text{ año}^{-1}$ Frazer y Ehrhart (1985) y el crecimiento de la tortuga cahuama (*Caretta caretta*) de $k= 0.12 \text{ año}^{-1}$ estimado por Frazer y Ehrhart (1985) que se asemeja más a los valores de la tortuga de carey.

En cuanto a la L_{∞} , Knight (1968; tomado Boulon y Frazer, 1990) sugiere comparar el valor de L_{∞} estimados, con las tallas de los adultos, para decir si es un valor razonable, en este caso la L_{∞} es ligeramente mayor a la moda de la talla de las tortugas hembras en la playa por lo que creemos que es un valor que representa adecuadamente este parámetro poblacional. Si embargo dentro de la frecuencia de tallas encontramos que al menos la mitad de los organismos son mayores a la L_{∞} , si asumimos un valor mayor para la L_{∞} , la talla más grande que registramos (110 cm) o un promedio de las 10 más grandes (100 cm), el tiempo que tardaría un organismo en llegar a la talla de, 80 cm sería menor que si asumimos la L_{∞} similar a la moda.

Tabla XV. Diversos datos sobre la tasa de crecimiento de la tortuga de carey encontrados en la literatura.

Tasa de crecimiento Cm/año	Clases de tallas en cm	Localidad	Fuentes
1.62	81 largo curvo	Australia	Limpus (1979; tomado de Witzell, 1983)
1.76	67 largo curvo		
1.8	Promedio de hembras inmaduras largo curvo	Australia, sur de la gran Barrera	Chaloupka y Limpus, 1997
1.2	Promedio de machos inmaduros largo curvo		
9.84	25.4 largo recto	Norte de Australia	Kowarsky y Capelle (1979; tomado de Witzell, 1983)
8.48	22.9 largo recto		
15.7	30-35 largo curvo	Union Creek	Bjondal y Bolten 1988
5.9	40-45 largo curvo		
2.4	60-65 largo curvo		
3.1	65-70 largo curvo		
2.4±1.67	20-29 largo curvo	Isla Mona, Puerto Rico.	Diez y van Dam (1997)
4.07±2.1	30-39 largo curvo		
2.93±1.62	40-49 largo curvo		
2.44±1.50	50-59 largo curvo		
0.17	60-69 largo curvo		
0.14	70-79		
4.8	30-39 largo curvo	Islas Vírgenes	Boulon (1994)
3.3	40-49 largo curvo		
2.8	50-59 largo curvo		
2.6	60-69 largo curvo		
16.8	30-39 largo curvo	Q. Roo	González-Malpica y Carranza (1995)

7.4.2 Madurez.

Hay muy diversas estimaciones respecto a qué edad alcanzan las tortugas la madurez sexual, normalmente se basan en las tasa de crecimiento y las tallas que se mide de las tortugas en la playa de anidación, por ejemplo: Márquez y Doi (1973) proponen la edad de 6 años para el reclutamiento a la población adulta de la tortuga prieta (*C. mydas carrinegra*); Doi et. al (1992) consideran 7 años para la tortuga de carey; otros autores como Frazer y Lander (1986) proponen entre 12 y 26 años para la tortuga blanca de Costa Rica (*C. mydas mydas*) y entre 27 y 33 para las de Islas Vírgenes; y hay algunas más extremas de 40 a 50 años para las tortugas de del mismo genero que se distribuyen en Hawai (Zug y Balazs, 1985; tomado de Frazer y Lander, 1986). Para la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea* por medio de estekiometria (anillos en estructuras duras "ossicles from de eyes") Zug y Parham (1996) encontró valores entre 13 y 14 años y una tasa de crecimiento en la naturaleza de los juveniles similar a la que se han observado en cautiverio. Otros reportes para la tortuga blanca en cautiverio (observación directa) indican que éstas alcanzan la madurez sexual a los 16 años (Wood y Wood, 1993), claro que este último dato no necesariamente se pueden extrapolar al crecimiento de las tortugas en la naturaleza.

Los que no encontraron la madures por observación directa lo hacen asumiendo las tallas en las que se registran las tortugas en las playas y obteniendo la edad a través del modelo de crecimiento, la cuestión estriba en qué talla es la que se debe de tomar en cuenta, si la tortuga más pequeña en la playa o la moda (o media) de las hembras en la playa como lo sugieren Frazer y Ehrhart (1985). Si suponemos un modelo como el que presentan Limpus y Reed (1985) para la tortuga *Chelonia mydas* de Australia en la que: mide la madures sexual de las tortugas por medio de lamparoscopía (observación directa) ellos muestran que en las clase de tamaño <90cm no hay tortugas maduras (0%), en la clase >90 cm y <95 cm el 25% están maduras, en la clase >95 cm y <100 cm 66.6%, y clases >100 cm el 100% está madura (Fig. 22), de este modelo se pueden desprender:

- que las tortugas más pequeñas en talla son más jóvenes en desarrollo y muy posiblemente en edad;
- que las tortugas más grandes al contrario son completamente maduras y probablemente mas viejas;
- que como se puede ver en otros organismos hay una transito de inmadurez a la madurez en la que para cada tamaño hay diferentes porcentajes de madurez.

Luego las tallas como se representan en el modelo de crecimiento estima que las tortugas tardarían entre 13 y 16 años en alcanzar las tallas mas pequeña en la zona de anidación y más de 20 años a la talla que representa la moda es probable que antes de la moda gran parte de la población ya este madura completamente. Los registros de las pesquerías de Cuba mencionan que han encontrado tortugas maduras desde los 60 cm (Moncada, 1996), y como ya se

mencionó los registros de otras especies v.g. tortuga blanca (Wood y Wood, 1993) y tortuga laúd (Zug, 1996) son más bien cercanos al intervalo menor.

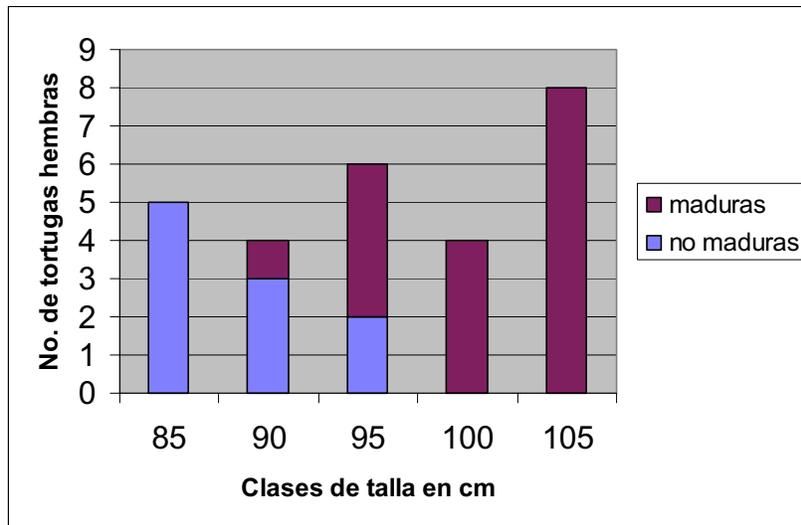


Figura 22. A partir del trabajo de Limpus *et al.* (1988) se modifica esta gráfica en donde se muestra como van aumentando el por ciento de hembras maduras al aumentar de talla.

se debe de tomar en cuenta que las capturas y recapturas producen datos en tiempo real por lo que del modelo se puede extrapolar a que la variable independiente del modelo (años) representa una medición similar a la edad de la tortugas. Lo que nos lleva al punto de que las tortugas de 20 cm LSRC, las primeras tallas que se registran en la zona de alimentación son organismos de 2 años cuando más.

8. DISCUSIÓN GENERAL

Las playas de la Península de Yucatán se consideran actualmente como la mayor población de tortuga de carey en el Atlántico y uno de los pocos sitios que conoce que registran un aumento consistente en el número de su población (Meylan 1999, Garduño et al. 1999). Este aumento es también consistente en otras 2 especies (tortuga lora y tortuga blanca) que anidan en el Golfo de México y que están bajo las mismas políticas de protección que ha implementado México desde hace más de 30 años, lo que es un buen indicio de que los programas y acciones de manejo tomadas en nuestro país se pueden considerar como un éxito.

Aun así es necesario el aumento del conocimiento de etapas del ciclo de vida de estos organismos más allá del amplio conocimiento que se tiene de estas especies en la etapa de reproducción en las playas. El trabajo con juveniles de esta especie se lleva a cabo de manera muy importante en la zona de Puerto Rico (van Dam, 1997) y en la República Dominicana (León y Diez, 1999) y en la zona de la Reserva de Río Lagartos.

La densidad que encontramos en el área de estudio son comparables a los que encontraron León y Diez (1999) en la zona de Parque Nacional de Jaguará, Rep. Dominicana, del orden de 5.6 a 8.2 ind/km² en fondos similares esto, es fondos duros (Sparse hard bottom), formados por rocas sedimentarias y densidades mucho mayores del orden de 58.3 y 96.8 ind/km² en lo que llaman "Arrecifes de Coral" (Coral reef), aunque el área muestreada en este último caso es mucho menor y por lo tanto menos representativa de las áreas. De cualquier forma es posible encontrar estas densidades de tortugas de carey.

La diferencia entre los resultados de Jolly-Seber v.s. muestreo directo es de (2729 v.s. 8,356) en primer lugar hay que ponderar que el segundo estima las 6 áreas esto es 1/3 más, por lo que en principio podemos comparar 4 subáreas; un valor de 5515. Sin embargo en una medición como ésta no podemos pedir mayor precisión. El siguiente paso es saber hasta donde podemos extrapolar estos datos. Una primera hipótesis es: en general toda la costa de la Península tiene hábitat para que haya juveniles de tortugas marinas. Se han observado juveniles en: el este de Río Lagartos, en Holbox-Contoy y al oeste en la zona de Dzilam de Bravo, en el Arrecife Alacranes al norte de Puerto Progreso; en Akumal en la zona arrecifal del centro de Q. Roo; frente a las playas de Campeche, Isla Aguada, Sabancuy, Chenkan, etc.. En esos lugares se ha planteado como propósito de investigación la medición de organismos juveniles de tortugas de carey. Por lo tanto es muy posible que en toda la costa de la Península haya reclutamiento de juveniles de carey.

Los resultados anteriores son necesarios para conocer una importante relación en la dinámica de la poblaciones: relación entre el Stock desovante y el reclutamiento, esto es cuántas tortugas entran al agua después salir de los huevos (Stock) y cuantas llegan a la zona de forrajeo midiendo 24 cm (reclutamiento). Los modelos cubanos (Carrillo et al. 1998) proponen una sobrevivencia de 2.8% estimada al primer año, bajo esas condiciones para mantener una población con una estructura y abundancia como la que hay en la Península de Yucatán (Garduño, en preparación) serian necesarios del orden de 16 a 18 mil organismos de 24 cm, el promedio para estos 40 km de costa en números cerrados es de 1000, para los 1100 km de costa de toda la Península estaríamos hablando de 27 mil.

La tasa de crecimiento que se encontró, permite que apoyar la hipótesis que el reclutamiento que actualmente vemos podría venir de los huevos que ya en 1980 se protegían en áreas como Isla Aguada y Río Lagartos. Sin soslayar que se han tomado muchas otras medidas que afectan a las tortugas en otros estadios como el uso de los excluidores y la protección de la hembras tanto en la playa como en las zonas de reproducción.

Es importante que los resultados empíricos de estas mediciones como la densidad y abundancia, la estructura, las tasas de crecimiento y reclutamiento son el sustento para hacer las suposiciones y asunciones dentro de modelos de la dinámica y estimaciones de la poblaciones de tortugas marina y en especial de la tortuga de carey.

9. BIBLIOGRAFIA

- Bjorndal K.A. and A.B. Bolten. 1988. Growth Rates of Inmature Green Turtles, *Chelonia mydas*, on feeding Grounds in the Southern Bahamas. *Copeia* Vol. 3: 555-564.
- Boulon R. H. y N. B. Frazer. 1990. Growth of Wild Juvenile Caribbean Green Turtles, *Chelonia mydas*. *Journal of Herpetology*. Vol. 24 (4): 441-445.
- Carrillo, Elvira., Carlos Pérez, Noriyuki Ohtaishi, Mari Kobhayashi, Felix Moncada, Charlie Manolis, Toshinori Tsubouchi y Grahame J. W. Webb. 1998. Transferencia con Nota Aclaratoria, de la Población de Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) del Apéndice I al II de la CITES. ANEXO 7. Tamaño de la Población. *Revista Cubana de Investigación Pesquera*. Enero-Junio de 1998. Vol. 22 (1).
- Collard y Ogren, 1990. Dispersal scenario for pelagic post-hatchling sea turtles. *Bull. Mar. Sci.* 47 (1): 233-243.
- Diez, C. y R. van Dam. 1997. Growth rates of hawksbill turtles on feeding grounds at Mona and Monito Islands, Puerto Rico. In. *Ecology of hawksbill turtles on feeding grounds at Mona and Monito Islands, Puerto Rico*. Trabajo para obtener el grado de Doctor de Robert P. van Dam. Universidad de Amsterdam, Holanda.
- Doi T., R. Marquez, H. Kimoto and N. Azeno. 1992. Diagnosis and Conservation of the Hawksbill Turtle Population in the Cuban Archipelago. Manuscrito.
- Dreckman, K. M. 1998. Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico Mexicano. CONABIO, México, D. F. 140 pp.
- Fabes A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29: 265-289.
- Frazer N. B y L.M. Ehrhart. 1985. Preliminar Growth models for Green, *Chelonia mydas*, and Loggerhead, *Carretta caretta*, turtles in wild. *Copeia*: 75-79.
- Frazer N. B. and R. C. Ladner. 1986. A growth curve for green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the U.S. Virgin Islands 1913-14. *Copeia*, (3), 798-802.
- Garduño A. M. 1999. Nesting of the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Río Lagartos, Yucatán, México, 1990-97. *Chelonia Conservation and Biology* . *International Journal of turtle and Tortoise Research*. Vol. 3 (2): 281-285.
- Garduño A. M., V. Guzmán, E. Miranda, R. Briseño and A. Abreu. 1999. Increases in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nestings in the Yucatán

- Peninsula, México, 1977-1996: data in support of successful conservation?. *Chelonia Conservation and Biology* . International Journal of turtle and Tortoise Research. Vol. 3 (2): 286-295.
- González Malpica J.C. y J. Carranza Sánchez. 1995. Recaptura de juvenil de tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) en Isla Contoy. SIAN KA'AN. Serie Documentos No. 4, p. 67.
- Groombridge & R. Luxmoore. 1989. The green turtle and hawksbill (Reptilia:Cheloniidae): world status, exploitation and trade. CITES. pp. 348-367.
- Gyuris, E. 1994. The rate of predation by fishes on hatchlings of the green turtle (*Chelonia mydas*). *Coral Reefs* 13:137-144.
- Joly, A.B. 1966. Géneros de algas marinhas da costa Atlántica Latinoamericana. Universidade of Brazilian. 461 pp.
- Limpus C.J. y P.C. Reed. 1985. The green turtle, *Chelonia mydas* in Queensland: a preliminary description of the population structure in a coral reef feeding ground. *Biology of Australasian Frogs and Reptiles*, ed. Gordon Grigg, Richard Shine and Harry Ehmann, Royal Zoological Society of New South Wales. pp. 47-52.
- Littler, D. S., M. M. Littler, K. E. Bucher and J. N. Norris. 1998. Marine plants of the Caribbean. A field guide from Florida to Brazil. Smithsonian Institution Press Washington, D. C. 263 pp.
- León M. Y. and C. E. Diez. 1999. Population structure of hawksbill turtles on foraging ground in the Dominican Republic. *Chelonia Conservation and Biology* . International Journal of turtle and Tortoise Research. Vol. 3 (2): 230-236.
- Maldonado, G. A. 1998 Estructura del paisaje arrecifal bentónico de Mahahual, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría CINVESTAV-IPN. México. 66p.
- Manolis, C., 1996. Conflicting Opinions on Age, Size and the Impact of Ranching. Reunión Regional sobre Conservación y uso Sostenible del Carey en Cuba. 14-15 de marzo 1996. Doc. RRC/17. 5 pp.
- Márquez, M. R. 1976. Estado actual de la pesquería de las tortugas marinas en México, 1974. Ins. Nal. De la Pesca. México. Serie Inf. INP/SI 83. 22 pp.
- Márquez M. R. y T. Doi. 1973. Ensayo teórico sobre el análisis de la población de tortuga prieta *Chelonia mydas* carrinera Caldwell, en aguas del Golfo de California México. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.* 73: 1-22.

- Meylan B. A. 1999. Status of the hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in the Caribbean region. *Chelonia Conservation and Biology. International Journal of turtle and Tortoise Research*. Vol. 3 (2): 177-184.
- Moncada F. G. 1996. Características biológicas del Carey (*Eretmochelys imbricata*). Reunión Regional sobre Conservación y uso Sostenible del Carey en Cuba. 14-15 de marzo 1996. Doc. RRC/10. 2 pp.
- Mortimer, J. 1995. Enseñanza de conceptos críticos para la conservación de las tortugas marinas. *Noticiero de Tortugas Marinas*. No 17:1-4.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese, f. Torres Jr. (1998). Fishing down marine food webs. *Science* 276: 860-863.
- Pritchard P. C., P. R. Bacon, F. H. Berry, J. Fletmayer, A. C. Carr. R. M. Gallagher, R. R. Lankford, R. Márquez, L. H. Ogren, W. Pringle, H. M. Reichard, R. Whitam. 1983. *Sea Turtles Manual of Research and Conservation Techniques*. Western Atlantic Turtle Symposium WATS STAO. 86 pp.
- Ríos, V., C. Zetina y K. Cervera. 1995. Evaluación de casitas o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán para la captura de langostas. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. 50-55
- Ríos, V., C. Zetina y K. Cervera, R. Mena y F. Chablé. 1998. La pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en las costas del estado de Yucatán. *Contribuciones de Investigación Pesquera. Documento Técnico No 6. SEMARNAP-INP-CRIPY*. México. 36 pp.
- Ross J. P. and J. A. Ottenwalder. 1991. *Eretmochelys imbricata* Hawksbill turtle Cuba. Reportal of the Technical Advisor. Part 1. Hawksbill turtles. CITES Mision to Cuba, June 9-16, 1991. 13 pp.
- Solís, M. 1998. Aspectos biológicos del pulpo (*Octopus maya*) Voss y Solís. *Contribuciones de Investigación Pesquera. Documento Técnico No 7. SEMARNAP-INP-CRIPY*. México. 40 pp.
- Taylor, W. R. 1960. *Marine algae at the eastern tropical and subtropical coast of the America*. Ann Arbor. The University of Michigan Press. 870 pp.
- van Dam, R. 1997. Ecology of hawksbill turtle on feeding grounds at Mona and Monito island, Puerto Rico. Tesis Doctoral presentada en la Facultad de Biología, Universidad de Amsterdam. 1997. 118 pp.
- van Dam, R. 1999. Measuring Sea Turtles Growth. En: *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. K.L. Eckert, K.A. Bjondal, F.A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores). IUCM/SSC Marine Turtles Specialist Group Publication No. 4.
- Witzell, W.N., 1983. Synopsis of biological data on the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766). *FAO Fish. Synop.*, (137): 78p.

Wood F. y J. Wood 1993. Growth curve for captive- reared green sea turtles, *Chelonia mydas*. *Herpetological Journal.*, (3). 49-54.

Zug, G. R. and J.F: Parham 1996. Growth and sexual maturity in leatherback saeturles, *Dermochelys coriacea*. Resumen. 16 Anual Sea Turtle Symposium. Hilton Head, SC. February, 1996.

10. AGRADECIMIENTOS.

A los estudiantes de la licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY): Eduardo Cuevas, María Teresa Zapata, Hugo Cárdenas, Natalí Cárdenas, Oscar Reyes, por su invaluable y desinteresada colaboración durante los muestreos de campo y el trabajo en el laboratorio y gabinete.

Al personal de los proyectos de Langosta, Pulpo y Caracol del CRIPY-INP: Tec. Keneth Cervera, M. en C. Javier Bello, Tec. Juan Carlos Espinoza, M en C. Patricia Arceo, por su colaboración en los muestreos de campo.

A los pescadores de Las Coloradas y de las Cooperativas Pesqueras "Río Lagartos" y "Cepeda Peraza" de Río Lagartos, por su colaboración para capturar tortugas de carey juveniles.

A la Industria Salinera de Yucatán S. A. de C. V. (ISYSA), por su apoyo económico para la adquisición del equipo de fotografía y video submarino.

Al personal del Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica del CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, por su colaboración en el muestreo de campo y durante el procesamiento de la imagen de satélite. .

11. ANEXOS.

11.1 Actividades adicionales.

Durante las actividades normales del muestreo en cooperativas pesqueras, pescadores de Las Coloradas en 1998 nos entregaron una tortuga blanca juvenil con fibropapilomas que capturaron con buceo libre y una tortuga lora (*Lepidochelis kempî*) hembra adulta que fue capturada incidentalmente en redes agalleras. Así mismo, en 1999 pescadores de Río Lagartos nos entregaron una tortuga de carey y una tortuga blanca juveniles con fibropapilomas que capturaron con buceo libre y autónomo y nos entregaron también una tortuga lora (*Lepidochelis kempî*) hembra adulta que fue capturada con buceo semiautónomo. Estos datos son de importancia ya que dentro del Programa de Nacional de Tortugas Marinas y dentro de convenio entre México-USA se tiene contemplado un monitoreo de los fibropapilomas por lo que además del material fotográfico se envió parte del tumor a Centro Mexicano de la tortuga donde se lleva a cabo dicho programa. Los datos sobre la tortuga lora son importante ya que esta especie también a respondido a los programas de manejo y suponemos que con el tiempo será más abundante en todas las áreas de distribución y en los límites que son las costas de Yucatán.

Durante el mes de agosto de 1999 se revisaron 37 tortugas capturadas por pescadores de Río Lagartos con el objetivo de conocer la composición y la distribución de los epizoarios de las tortugas de carey juveniles. De manera general se colectaron, en orden de abundancia: balanos, sanguijuelas, mejillones, bivalvos, percebes, anfípodos, rémoras y algas.

Adicionalmente, con el fin de conocer el comportamiento de buceo de la tortuga de carey juvenil, se amarró una pequeña boya al escudo marginal postcentral del caparazón de una tortuga y se registró, durante 24 horas, el tiempo de buceo (min.), el tiempo de superficie (seg.), el número de respiraciones y cada 5 minutos se tomó la posición geográfica de la boya con un GPS. A partir de estos resultados preliminares se observa que la tortuga presenta mayor actividad durante el día que durante la noche debido, posiblemente, a las actividades de forrajeo y de descanso, respectivamente.