

00381  
33



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**DISTRIBUCION, ABUNDANCIA Y USO DE HABITAT  
POR EL MANATI EN QUINTANA ROO Y BELICE,  
CON OBSERVACIONES SOBRE SU BIOLOGIA  
EN LA BAHIA DE CHETUMAL, MEXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)**

**PRESENTA**

**M. EN C. JOSE BENJAMIN MORALES VELA**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. VICTOR SANCHEZ CORDERO**

280173



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Resumen

Se realizaron censos aéreos de manatíes en la costas de Quintana Roo desde 1990 a 1997 y en Belice durante 1994 y 1995, para conocer los patrones en la distribución espacial de los manatíes, las áreas de mayor concentración y sus abundancias en esta región del Caribe. En la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, se desarrolló un programa de marcaje y seguimiento de manatíes con radio – transmisores de noviembre de 1994 a julio de 1999, para conocer algunos aspectos de la historia de vida de los manatíes y obtener información sobre desplazamientos, zonas de uso frecuente y algunos aspectos básicos de su biología y reproducción. La distribución espacial de los manatíes es primariamente costera y relacionada con áreas someras, con agua dulce, vegetación acuática y protegidas de los vientos y del oleaje. Los conteos absolutos en las áreas trabajadas sumaron 280 manatíes, sobre la base de un error global de 35.7 al 80%, la abundancia esperada de manatíes en Quintana Roo y Belice podría ser de 400 a 500 animales. La abundancia de manatíes es pobre en la costa norte de Quintana Roo, se incrementa hacia la parte central del estado y es notablemente alta desde la Bahía de Chetumal hasta la laguna Indian Hill, al sur de Belice. En el límite sur de Belice, esta abundancia decrece. Las crías representaron entre 7.4 y 7.9 % de la población censada. El período de gestación de una hembra marcada se estimó en 14 a 15 meses, la tasa promedio de nacimientos en dos hembras marcadas fue de  $0.33 \pm 0.17$  crías al año.

## Abstract

Manatee aerial surveys were carried out over Quintana Roo coast from 1990 to 1997, and over Belize coast in 1994 and 1995 in order to estimate the general tendency of manatee spatial distribution, higher concentration areas and abundance in this Caribbean region. In Chetumal Bay, Quintana Roo, a radio tagging telemetry program was developed from November 1994 to July 1999. This program gave data to partially know manatee life history, movements, frequently used zones and some basic reproductive and general biological topics. Manatees spatial distribution in Quintana Roo and Belize is primarily coastal and related to shallow and fresh waters with aquatic vegetation and protected from wind and wave zones.

Total counts in different zones of Quintana Roo and Belize was 280 manatees. Considering a global error of 35.7 - 80 %, the estimated abundance was 400 - 500 manatees for Quintana Roo and Belize. Manatee abundance was poor in northern Quintana Roo but it increased in the central part of the state and was high from Chetumal Bay to Indian Hill lagoon in southern Belize. The abundance apparently decreases at the southern Belize border.

Calves was 7.4-7.9 % of the total manatee counted. Gestation period for a tagged female was estimated in 14-15 months and the average birth rate calculated for two tagged females was  $0.33 \pm 0.17$  calves per year.

## Contenido

Agradecimientos .....	iii
Índice de figuras .....	iv
Índice de cuadros .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
La especie .....	4
Límites biológicos de la población en estudio y de la unidad de conservación.....	8
Historia breve de aprovechamiento y decaimiento poblacional .....	9
Fisiología .....	10
Origen .....	11
Objetivos .....	12
<b>Capítulo 2. Métodos .....</b>	<b>13</b>
Área de estudio .....	13
Censos .....	13
Telemetría.....	15
Captura, marcaje y seguimientos .....	16
<b>Capítulo 3. Resultados .....</b>	<b>17</b>
3a. Morales V., B., Olivera G., D., 1997. Distribución del manatí ( <i>Trichechus manatus</i> ) en la costa norte y centro – norte del estado de Quintana Roo, México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Méx. Serie Zoología 68 (1):153-164.....	18
3b. Morales V., B., Olivera G., D., 1994. Distribución y abundancia del manatí en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México (1992 - 1994). Sian Ka'an, Serie Documentos 2:55-59.....	30
3c. Morales V., B., Patrones de abundancia y distribución de los manatíes en la Bahía de Chetumal, México.....	35
3d. Morales V., B., Ortega A., A., Padilla S., J., Bonde, R., Distribución, movimientos y reproducción de manatíes radio – marcados en la Bahía de Chetumal, México.....	65
3e. Morales V., B., Olivera G., D., Reynolds, J. E. ,III, Rathbun, G. B., 2000. Distribution and habitat use by manatees ( <i>Trichechus manatus manatus</i> ) in Belize and Chetumal Bay, Mexico. Biological Conservation 95(2000):67-75.....	108
3f. Morales V., B., Mortalidad de manatíes en Quintana Roo.....	117
<b>Capítulo 4. Discusión.....</b>	<b>121</b>
<b>Capítulo 5. Conclusiones.....</b>	<b>133</b>
<b>Capítulo 6. Recomendaciones.....</b>	<b>136</b>
<b>Capítulo 7. Referencias .....</b>	<b>139</b>

## Agradecimientos

Son varias las personas que participaron en diferentes etapas de este estudio y en distinta forma. Agradezco el apoyo, discusión académica y buen ánimo de compartir el inicio de este estudio de los doctores Tom O'Shea, Galen B. Rathbun, John Reynolds y Lynn Lefebvre. Su interés y apoyo han impulsado la investigación sobre manatíes en México y Belice.

Agradezco el apoyo y entrenamiento dado por el personal del proyecto Sirenia de E.U.A., en especial a Lynn Lefebvre, Bob Bonde, Caty Beck y Jim Reid. La participación en el trabajo de campo y gabinete de David Olivera, Alejandro Ortega, Austrebertha Rojas, Daniel Rovelo, Janneth Padilla y Bob Bonde fue esencial para el desarrollo de este estudio a largo plazo. El cuidadoso trabajo que requirió la elaboración de las bases de datos y diseño de figuras, quedaron en manos de Janneth Padilla, esto me facilitó, en mucho, el análisis de los datos, mi agradecimiento para ella.

De forma especial, agradezco el aporte académico de mi director de tesis Dr. Víctor Sánchez Cordero y tutores: Dr. Galen B. Rathbun, Dr. John Reynolds y Dr. Luis Medrano González.

A los miembros de mi comité de examen predoctoral: Dr. Alejandro Velásquez Montes, Dra. Cecilia Vanegas Pérez, Dr. Oscar Flores Villela y Dra. Miriam Benabib Nisenbaum. La orientación de sus preguntas me permitió lograr una formación más completa en mi campo de estudio.

Agradezco la revisión y comentarios finales a la tesis de mis sinodales Dra. Miriam Benabib Nisenbaum, Dr. Xavier Chiapa Carrera y Dr. Ricardo López Wilchis.

A mis colegas de trabajo y autoridades de El Colegio de la Frontera Sur, por el importante apoyo otorgado para facilitarme la realización de mi programa doctoral.

Los fondos para realizar este estudio fueron dados principalmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, proyecto N9301 – 2017 y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, proyecto H164. A la Comisión de Mamíferos Marinos de Estados Unidos por los fondos otorgados para realizar los vuelos en Belice, contrato T10155657.

Agradezco los permisos de captura y marcaje otorgados por el Instituto Nacional de Ecología, INE A00-700(2)-00364; D00-702-3019; D00750-3918/97.

## Índice de figuras

### Capítulo 1. Introducción

Figura 1. Áreas principales de concentración de manatíes en Quintana Roo.....	7
---	---

### Capítulo 2. Métodos

Figura 1. Área de estudio .....	14
---------------------------------	----

### Capítulo 3. Resultados

#### 3a. Distribución del manatí (*Trichechus manatus*) en la costa norte y centro – norte del estado de Quintana Roo, México.

Figura 1. Áreas con mayor presencia de manatíes en Quintana Roo.....	20
Figura 2. Área de Quintana Roo cubierta por los censos aéreos.....	22
Figura 3. Manatíes observados en caletas y cenotes de Quintana Roo.....	25

#### 3b. Distribución y abundancia del manatí en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México (1992 – 1994).

Figura 1. Manatíes observados en Bahía de la Ascensión .....	33
Figura 2. Manatíes observados en Bahía Espíritu Santo .....	33

#### 3c. Patrones de abundancia y distribución de los manatíes en la Bahía de Chetumal, México.

Figura 1. Área de estudio .....	37
Figura 2. Avistamientos de manatíes en los censos aéreos de 1990 a 1997 .....	43
Figura 3. Promedio anual del índice de abundancia relativa (IAR) de manatíes .....	46
Figura 4. Frecuencia suavizada no lineal resistente (3RSSH) del IAR .....	47
Figura 5. Distribución de la frecuencia del tamaño de grupo de manatíes.....	50
Figura 6. Ubicaciones de hembras con cría en censos completos.....	52

#### 3d. Distribución, movimientos y reproducción de manatíes radio – marcados en la Bahía de Chetumal, México.

Figura 1. Área de estudio .....	68
Figura 2. Esquema del sistema de radiotransmisor para manatíes.....	70
Figura 3. Gráficas de esfuerzos de búsqueda y éxitos para manatíes marcados.....	78
Figura 4. Distribución espacial de la hembra Carmen con datos de profundidad.....	80
Figura 5. Distribución espacial de las hembras Cecilia y Janneth con datos de profundidad .....	81
Figura 6. Distribución espacial de la hembra Gabriela con datos de profundidad.....	82
Figura 7. Distribución espacial de la hembra Nikita con datos de profundidad.....	83
Figura 8. Distribución espacial del macho Santiago con datos de profundidad.....	84
Figura 9. Distribución espacial de la hembra Carmen con datos de salinidad.....	85
Figura 10. Distribución espacial de las hembras Cecilia y Janneth con datos de salinidad .....	86
Figura 11. Distribución espacial de las hembras Gabriela y Nikita y el macho Santiago con datos de salinidad .....	87
Figura 12. Ubicaciones del macho Santiago en orden cronológico.....	90

## Resumen

Se realizaron censos aéreos de manatíes en la costas de Quintana Roo desde 1990 a 1997 y en Belice durante 1994 y 1995, para conocer los patrones en la distribución espacial de los manatíes, las áreas de mayor concentración y sus abundancias en esta región del Caribe. En la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, se desarrolló un programa de marcaje y seguimiento de manatíes con radio – transmisores de noviembre de 1994 a julio de 1999, para conocer algunos aspectos de la historia de vida de los manatíes y obtener información sobre desplazamientos, zonas de uso frecuente y algunos aspectos básicos de su biología y reproducción. La distribución espacial de los manatíes es primariamente costera y relacionada con áreas someras, con agua dulce, vegetación acuática y protegidas de los vientos y del oleaje. Los conteos absolutos en las áreas trabajadas sumaron 280 manatíes, sobre la base de un error global de 35.7 al 80%, la abundancia esperada de manatíes en Quintana Roo y Belice podría ser de 400 a 500 animales. La abundancia de manatíes es pobre en la costa norte de Quintana Roo, se incrementa hacia la parte central del estado y es notablemente alta desde la Bahía de Chetumal hasta la laguna Indian Hill, al sur de Belice. En el límite sur de Belice, esta abundancia decrece. Las crías representaron entre 7.4 y 7.9 % de la población censada. El período de gestación de una hembra marcada se estimó en 14 a 15 meses, la tasa promedio de nacimientos en dos hembras marcadas fue de  $0.33 \pm 0.17$  crías al año.



## Abstract

Manatee aerial surveys were carried out over Quintana Roo coast from 1990 to 1997, and over Belize coast in 1994 and 1995 in order to estimate the general tendency of manatee spatial distribution, higher concentration areas and abundance in this Caribbean region. In Chetumal Bay, Quintana Roo, a radio tagging telemetry program was developed from November 1994 to July 1999. This program gave data to partially know manatee life history, movements, frequently used zones and some basic reproductive and general biological topics. Manatees spatial distribution in Quintana Roo and Belize is primarily coastal and related to shallow and fresh waters with aquatic vegetation and protected from wind and wave zones.

Total counts in different zones of Quintana Roo and Belize was 280 manatees. Considering a global error of 35.7 - 80 %, the estimated abundance was 400 - 500 manatees for Quintana Roo and Belize. Manatee abundance was poor in northern Quintana Roo but it increased in the central part of the state and was high from Chetumal Bay to Indian Hill lagoon in southern Belize. The abundance apparently decreases at the southern Belize border.

Calves was 7.4-7.9 % of the total manatee counted. Gestation period for a tagged female was estimated in 14-15 months and the average birth rate calculated for two tagged females was  $0.33 \pm 0.17$  calves per year.

## Capítulo 1. Introducción

Este estudio expone los patrones de la abundancia y distribución espacial y temporal del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en toda la zona costera de Quintana Roo y Belice. Parte de los objetivos y metas nacen de una reunión de especialistas de Estados Unidos, Belice y México, realizada en Chetumal en 1992, para definir estrategias de investigación y conservación del manatí a largo plazo en la región del Caribe de México y Belice (Morales y Olivera 1994). Para entonces, se contaba con la primera información que indicaba que la Bahía de Chetumal (BCH)-- incluyendo el río Hondo y laguna Guerrero-- podrían ser el área más importante de concentración de manatíes en Quintana Roo y posiblemente de toda la Península de Yucatán (Colmenero y Zárate 1990). Además, se predecía la posible continuidad de distribución espacial de manatíes entre el sur de Quintana Roo y Belice, país que ya se había documentado como el área centroamericana con la mayor abundancia de manatíes (O'Shea y Salisbury 1991).

La problemática regional de la cual surgió este estudio fue: falta de información regional actualizada sobre la abundancia de manatíes, de su distribución espacial y temporal, del uso y ubicación de hábitats preferidos, poca infraestructura de campo y equipo de investigación, falta de coordinación internacional entre Belice y México, y falta de una estrategia de conservación regional.

Previo al desarrollo de este estudio, no se había logrado una colaboración permanente entre México y Belice para atender conjuntamente las necesidades de investigación y conservación del manatí en esta región del Caribe. Parte de la

información generada en la presente tesis, se usó como apoyo científico para implementar varias estrategias de conservación ya concretadas, como son:

- La creación de dos áreas protegidas para el manatí que, conjuntamente, abarcan toda la BCH. La parte de México fue decretada como Zona Sujeta a Conservación Ecológica Santuario del Manatí (Periódico Oficial del Gobierno de Quintana Roo 1996). La parte de Belice se decretó como Corozal Bay Wildlife Sanctuary -Manatee (Statutory Instrument 1998).
- Contar con información básica para desarrollar la estrategia de recuperación del manatí en Belice (Auil 1998).
- Dar apoyo técnico para definir las áreas prioritarias de trabajo, en las cuales, se van a desarrollar diferentes programas internacionales de conservación del Sistema Arrecifal Mesoamericano, en donde el manatí es una especie clave (DGMA/CCAD-SICA-WORLD BANK 1999 y CCAD-WWF-MGG/RSMAS 2000).

Esta tesis está arreglada en tres partes. La primera parte comprende los Capítulos 1 y 2 que incluyen: la introducción general, los objetivos y métodos generales. La segunda etapa se forma por el Capítulo 3, que agrupa los resultados obtenidos y presentados en seis documentos. La tercera etapa agrupa los Capítulos 4, 5, 6 y 7 que incluyen la discusión integral de los resultados, las conclusiones, las recomendaciones y las referencias.

El Capítulo 3 (a,b,c,d,e,f) contiene los resultados sobre distribución y abundancia ordenados geográficamente de norte a sur, inicia con la información y análisis de los manatíes presentes en la costa norte de Quintana Roo y termina con los manatíes presentes en Belice. El capítulo 3e se centra sobre la historia de

vida de siete manatíes radio-marcados en la BCH. El capítulo 3f es sobre registros y causas de mortalidad de manatíes en Quintana Roo.

Los resultados obtenidos permiten conocer aspectos fundamentales sobre distribución, abundancias y mortalidad de los manatíes en Quintana Roo y Belice, así como de la historia de vida de manatíes marcados y seguidos por varios años en la BCH y de su manejo en vida libre, información nueva para una especie poco estudiada fuera de Florida, E. U. A. Hay obvias similitudes de esta subespecie (*T. m. m.*) con la subespecie de Florida (*T. m. latirostris*); requerimientos ambientales como la temperatura del agua, presencia de agua dulce y áreas someras y protegidas de los vientos, son afines a las dos subespecies. También se presentan algunas diferencias ambientales que influyen en la conducta y distribución de los manatíes, como la poca influencia de la temperatura del agua en sus movimientos temporales en Quintana Roo (Axis *et al.*, 1998), a diferencia de lo que ocurre en Florida (Reid *et al.*, 1991).

El uso de radio - telemetría con manatíes en México no tiene precedente. Su uso en Quintana Roo ha demostrado ser una herramienta valiosa y de aplicación relativamente fácil, que generó información valiosa sobre desplazamientos, áreas de uso preferencial y aspectos reproductivos de mucho interés e inmediata aplicación en conservación (Capítulo 3d).

## La especie

El orden Sirenia se compone actualmente de cuatro especies: el *Dugong dugon* y el manatí con tres especies *Trichechus manatus*, *T. inunguis* y *T. senegalensis* (Husar 1977; 1978a,b,c). Los sirenios se distribuyen a nivel mundial entre los 30° de latitud norte y 30° de latitud sur. Los dos géneros no comparten hábitat: los dugones habitan la costa este del Pacífico y Océano Índico desde Mozambique y Madagascar hasta las Islas Filipinas, Indonesia, Australia y Nueva Guinea, mientras que los manatíes habitan en las costas este y oeste del Atlántico, desde la Florida, E. U. A., hasta el norte de Brasil, y desde Senegal hasta Angola. Esta distribución y su conducta están influenciadas principalmente por dos factores fisiológicos: nutrición y metabolismo (Best 1981; Irvine 1983).

En América del Norte, el manatí está representado por dos subespecies similares en su morfología externa; la de Florida (*T. m. latirostris*) y la del Caribe (*T. m. manatus*), reconocidas por Hatt (1934) y confirmadas por Domning y Hayek (1986) basados en diferencias morfométricas de caracteres del cráneo. Esta segunda subespecie está distribuida desde el Golfo de México (sur de E. U. A.) pasando por las costas de Yucatán, Centroamérica y Antillas, hasta la costa noreste de América del Sur (Husar 1978c; Lefebvre *et al.*, 1989; Reynolds y Odell 1991). Las diferencias craneales entre las dos formas, sugiere que los fríos inviernos del norte del Golfo de México y las profundas aguas con fuertes corrientes presentes en el estrecho de Florida, son importantes barreras naturales si se asume que la discontinuidad morfológica observada, refleja una pérdida de flujo génico entre los manatíes de Florida y del Caribe (Domning y Hayek 1986).

Un estudio molecular reciente de *T. m.*, (García *et al.*, 1998) que se basa en el análisis de DNA mitocondrial, mostró fuertes separaciones de la población de manatíes a lo largo de la costa atlántica. Este estudio definió la existencia de tres linajes maternos distintos de DNA mitocondrial, que no concuerdan con la designación previa de dos subespecies planteada por Domning y Hayek (1986). Estos tres linajes maternos congregan geográficamente al manatí en tres grupos : 1) Florida e Indias Occidentales, 2) Golfo de México, Centroamérica, Colombia y Venezuela, 3) costa noreste atlántica de América del Sur (Guyana y Brasil). Esta información molecular apunta a sostener la presencia de tres unidades demográficas distintas, fragmentadas por hábitats costeros no adecuados para los manatíes, los cuales actúan como barreras naturales dentro de su área de distribución y constituyen importantes frenos para el flujo génico y colonización (García *et al.*, 1998). Sin embargo, la diferenciación de estas tres unidades geográficas es aún preliminar, debido a que está basada sólo en linajes maternos y no contempla la dispersión diferencial entre sexos (García *et al.*, 1998). En México coalescen linajes de manatíes propios de Centroamérica y de la región Florida – Antillas (Medrano *et al.*, 1997).

En México, la distribución del manatí va desde Nautla, Veracruz, hasta el sur de Quintana Roo, pero sólo en unas cuantas zonas son relativamente comunes (Lluch 1965; Colmenero 1984; Colmenero y Hoz 1986; Lefebvre *et al.*, 1989). Anteriormente, su distribución era más amplia sobre el Golfo de México, llegando hasta Tamaulipas (Colmenero 1984) y en los ríos de Chiapas (Lluch 1965). En 1985, se encontraron 5 costillas de manatí en el río Soto La Marina, Tamaulipas, y los

lugareños informaron haber observado manatíes de forma ocasional en este río y en el río Palmas (Lazcano y Packard 1989).

En el Golfo de México existen tres áreas donde los manatíes son relativamente abundantes: a) sistema lagunar de Alvarado, Veracruz (Alejandro Ortega 1999, com. pers.), b) la gran cuenca hidrológica del río Usumacinta y río Grijalva, con todas sus extensas áreas de humedales que forman un basto y diverso sistema lagunar en los estados de Tabasco y parte baja de Chiapas (Colmenero y Hoz 1986) y c) el sistema lagunar de Términos y sus tributarios en Campeche (Colmenero y Hoz 1986). En la costa norte de la Península de Yucatán, la abundancia de manatíes disminuye drásticamente y ver a un manatí resulta ser un evento raro en la actualidad (Morales *et al.*, 2000).

En Quintana Roo los manatíes pueden estar presentes a lo largo de toda la costa, pero se concentran principalmente en tres áreas (Figura 1): Bahía de Chetumal (BCH), bahías de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (Ascensión y Espíritu Santo) y las caletas, cenotes y zona costera ubicados entre los poblados de Tulum y Playa del Carmen (Colmenero y Zárate 1990; Capítulo 3a).

Al norte de Playa del Carmen no se han observado manatíes en diferentes censos aéreos (Capítulo 3a), pero se sigue informando de la presencia esporádica de manatíes solitarios en la laguna de Nichupte, junto a Cancún y en la laguna de Yalahau, ubicada en el extremo norte de Quintana Roo. La BCH es la zona de mayor presencia de manatíes en Quintana Roo, con un estimado de 90 a 130 animales (Morales y Olivera 1994a). A la fecha no existe una estimación confiable de la abundancia de manatíes a nivel nacional. Belice es el país con la mayor concentración de manatíes en todo el Caribe (O'Shea y Salisbury 1991).

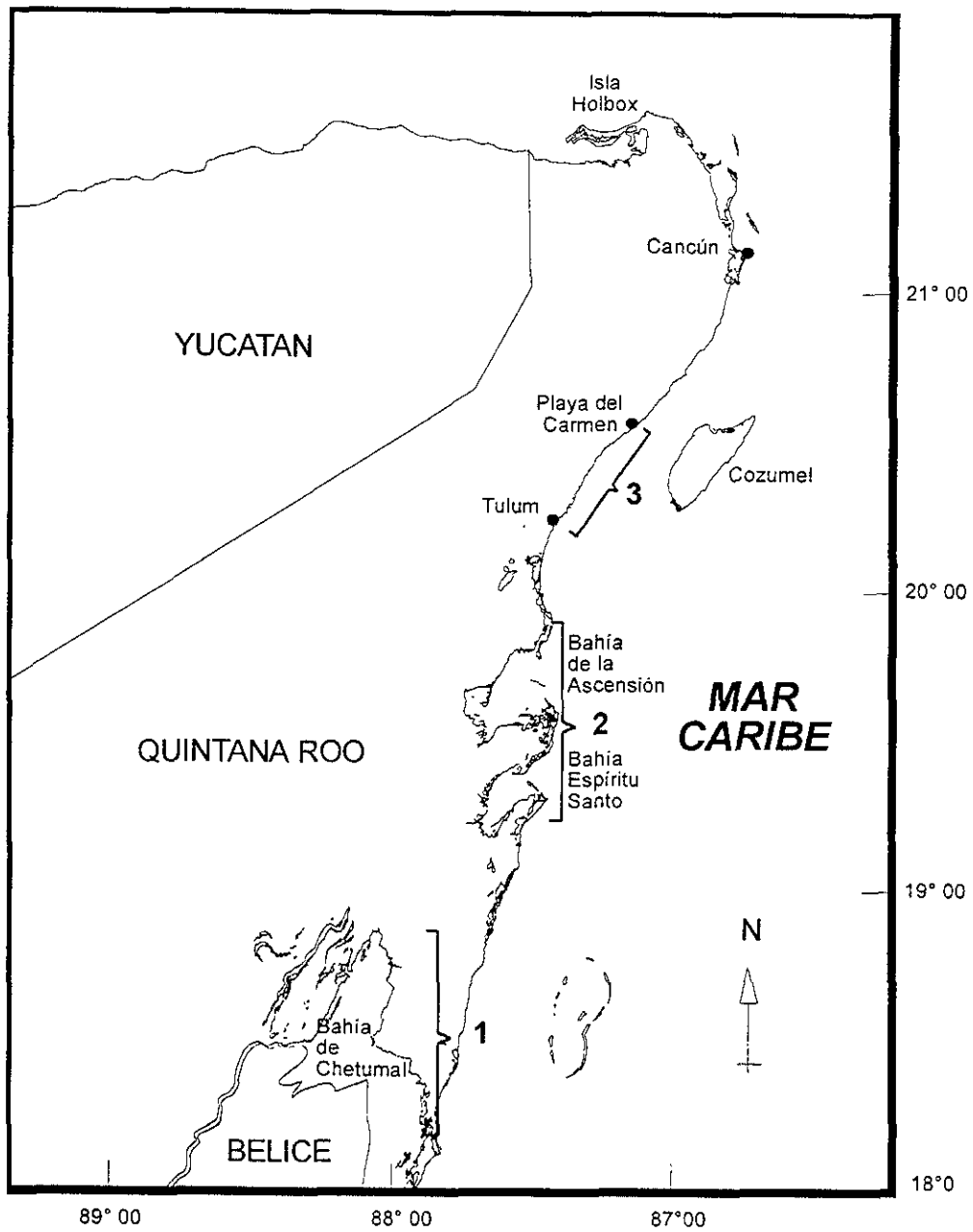


Figura 1. Areas principales de concentración de manatíes en el estado de Quintana Roo.



## **Límites biológicos de la población en estudio y de la unidad de conservación**

En un sentido biológico general, población son todos los organismos de una misma especie que habitan en un área tal, que les permite reproducirse libremente entre ellos (Pielou 1978). Considerando la información molecular sobre líneas maternas de manatíes señaladas por García *et al.* (1998), la unidad demográfica en la cual se encuentra inmersa nuestra subpoblación de manatíes de Quintana Roo y Belice, se extiende geográficamente desde el estado de Tamaulipas, México hasta Venezuela. A lo largo de esta distribución, existen extensas áreas costeras donde la abundancia de los manatíes es pobre, debido en parte, a la existencia de hábitats no adecuados. Estos se caracterizan por tener áreas costeras extensas poco protegidas del oleaje, sin presencia de vegetación acuática y fuentes de agua dulce, con deterioro ambiental e históricas presiones de caza y muerte accidental (Lefebvre *et al.*, 1989).

Se sabe que los movimientos de manatíes a gran distancia ocurren en Florida, pero no son frecuentes. Estos se relacionan con las variaciones en la temperatura del agua entre las temporadas de invierno y verano (Reid *et al.*, 1991). Esta capacidad de movimiento no ha sido suficiente para homogeneizar genéticamente a las poblaciones separadas por largos tramos de hábitats costeros no apropiados (Domning y Hayek 1986; O'Shea *et al.*, 1988; García *et al.*, 1998). Posiblemente, su estricta tendencia a ser de hábitos costeros asociados a sistemas pluviales, puede estar funcionando como un regulador primario de su partición poblacional (García *et al.*, 1998).

Los límites geográficos de nuestra unidad de conservación o manejo son desde el norte de Quintana Roo hasta la frontera entre Belice y Guatemala. La

unidad de conservación o manejo de manatíes se define como el grupo de manatíes que están compartiendo un área geográfica definida, la cual es geográficamente manejable para su conservación. Los límites de esta unidad de conservación coinciden con discontinuidades en la distribución espacial de los manatíes. La costa norte de la Península de Yucatán presenta pobre abundancia de manatíes (Morales *et al.*, 2000); además, estudios preliminares señalan la posible existencia de una discontinuidad genética entre los manatíes del sur de Quintana Roo y del Golfo de México (Medrano *et al.*, 1997). El límite sur de nuestra unidad de conservación al sur de Belice, es más difícil de definir, pero su abundancia disminuyen drásticamente en Honduras (Rathbun *et al.*, 1983) y posiblemente desde Guatemala, donde no existe información disponible.

### **Historia breve de aprovechamiento y decaimiento poblacional**

Información histórica obtenida por varios autores en diferentes regiones donde los manatíes han estado presentes desde Florida hasta Brasil, coinciden en decir que la abundancia de manatíes fue mayor en el pasado y que las razones históricas de su decaimiento fueron principalmente las actividades de caza para su consumo local (Powell *et al.*, 1981; Rathbun *et al.*, 1982; Rathbun *et al.*, 1983; O'Shea *et al.*, 1988; Lefebvre *et al.*, 1989; Reynolds *et al.*, 1995). En México, la caza del manatí para consumo también fue realizada por los indígenas desde tiempos precolombinos (McKillop 1985). Está documentada la caza regular y uso de los manatíes entre los nativos de Yucatán en el siglo XVI (De Landa *ca.* 1560; Sahagún *ca.* 1580). Después de la conquista española, su caza fue más intensa en diferentes regiones del Golfo de México y costas de Yucatán (Durand 1950). En el siglo XX, los

manatíes siguieron siendo usados para consumo local (Lluch 1965; Colmenero y Hoz 1986). En Quintana Roo, las costillas de manatí se tallaban para hacer aretes, collares y diversas figuras que se vendían en ferias y tiendas para turistas en las ciudades de Chetumal, Playa del Carmen, Mérida y Campeche. Este uso comercial de los huesos de manatí en Quintana Roo se dejó de practicar en 1994. A la fecha, la caza esporádica e ilegal para consumo de su carne sigue existiendo en algunas comunidades aisladas de los estados de Veracruz (Alejandro Ortega 1999, com. pers.), en Tabasco (Javier Ucán 1998, com. pers.) y Campeche (Javier Ucán 2000, com. pers.). En Centro América, las presiones de caza aún continúan en algunas áreas de su distribución como es la frontera entre Belice y Guatemala (Bonde y Potter 1995) y Honduras (Rathbun *et al.*, 1983).

## **Fisiología**

Los manatíes habitan aguas someras tropicales y subtropicales cercanas a la costa con temperaturas anuales de entre 20 y 38 ° C (Husar 1975), es decir, son animales estenotermos. La temperatura del agua mínima tolerable por los manatíes es de 16° C según Allsop 1961, citado en Ronald *et al.* (1978) o de 20° C según Irvine (1983). El límite superior de tolerancia de temperatura no está bien definido, pero en Quintana Roo usan aguas de hasta 39° C. Los manatíes son herbívoros, adaptados para alimentarse de vegetación marina costera y de la existente en aguas continentales; toleran confortablemente el ambiente marino pero prefieren aguas de baja salinidad (Caldwell y Caldwell 1985). Por esta capacidad eurialina, pueden acceder a una amplia variedad de pastos y algas

acuáticas disponibles para su alimentación. Se alimentan de la vegetación sumergida y flotante que se encuentra entre 1 y 4 metros de profundidad y sin presentar, aparentemente, ritmos circadianos de alimentación (Best 1981). Dedicán hasta 6 horas del día a esta actividad, con una tasa de consumo diario equivalente al 7.0% de su peso en adultos (Etheridge *et al.*, 1985), que representa entre 42 y 56 kg de alimento húmedo (Hartman 1979).

## Origen

Con base en el registro fósil disponible, los triquéquidos (Trichechidae) aparecen restringidos a América del Sur desde el Oligoceno (35 a 25 m.a.); sin embargo es aún problemático su reconocimiento (Domning 1982). Un posible escenario evolutivo que maneja este autor es que los manatíes surgieron de una población aislada de *Potamosiren* en la gran base amazónica. Esta población desarrolló un particular proceso de dentadura supernumeraria de reemplazo continuo, adaptada a las grandes extensiones de pastos en los lagos. Estas formas avanzadas pudieron dejar la cuenca amazónica usando los grandes drenajes existentes hacia el Atlántico a mitad del Mioceno, apareciendo en la costa como *Ribodon*; este drenaje también descargó grandes cantidades de sales y nutrientes, favoreciendo el crecimiento de macrofitas. Estas formas avanzadas con ventajas de alimentación, pudieron haber reemplazado al costero *Potamosiren*. Una segunda dispersión en el Plioceno nuevamente pudo reemplazar al costero *Ribodon*, iniciándose la colonización hacia el Caribe. Posteriormente, la población costera del Caribe extendió su distribución a América del Norte sin sufrir mayores modificaciones (Domning 1982).

## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

Dada la importancia que tiene el poseer información biológica básica sobre el manatí, especie en peligro de extinción, el objetivo general de este estudio es generar información sobre aspectos básicos de su demografía y biología general, que permitan, a corto plazo, desarrollar estrategias de conservación en México y Belice.

### **Objetivos particulares.**

1. Conocer la distribución espacial y temporal de los manatíes que habitan las costas del Caribe de México y Belice, ubicar las áreas de mayor agregación y obtener estimaciones de su abundancia relativa.

2. Definir zonas de mayor frecuencia de uso, patrones de desplazamiento y niveles de permanencia de manatíes marcados con transmisores en la bahía de Chetumal.

3. Conocer la proporción de crías presentes en diferentes áreas de Quintana Roo y Belice y algunos parámetros básicos de la biología de esta especie.

4. Ensayar nuevos métodos de captura y manejo de los manatíes en vida libre.

5. Estimar la mortalidad de manatíes ocurrida en Quintana Roo desde 1990 y hacer una evaluación de sus posibles causas.

6. Hacer recomendaciones sobre prioridades de conservación y de futura investigación de esta especie en el Caribe de México y Belice.

## Capítulo 2. Métodos

### Area de estudio

Incluye toda la costa de Quintana Roo (desde la laguna Yalahau al norte del estado), cenotes, caletas, lagunas, ríos y bahías hasta la bahía de Chetumal (BCH) al sur del estado. En Belice incluye toda su costa, principales ríos, lagunas, islas, cayos y el atolón Turneffe, hasta el río Sarstoon, que es frontera con Guatemala (Figura 1). Información más detallada de las distintas secciones del área de estudio se expone en los trabajos que integran el Capítulo 3.

### Censos

Los censos se hicieron siguiendo un proceso estandarizado, usando principalmente avionetas Cessna de 4 y 6 plazas de alas altas y volando a una altura de 150 a 180 metros y velocidad de 100 a 130 km/h (Reynolds y Wilcox 1986; O'Shea *et al.*, 1988; Mou *et al.*, 1990; Morales y Olivera 1994a). La ruta de los vuelos se diseñó con el fin de cubrir los hábitats más probables de uso sobre las costas de Quintana Roo y Belice.

De dos a cuatro observadores participaron en cada censo. Para evitar fatiga de los participantes, se evitó volar por más de cuatro horas continuas. Por lo general, todos los observadores usaron lentes polarizados, grabadora de mano, mapas del área y formatos de captura de datos. Se tomaron fotografías del área de estudio y de los manatíes para posterior verificación de algunos datos de campo.

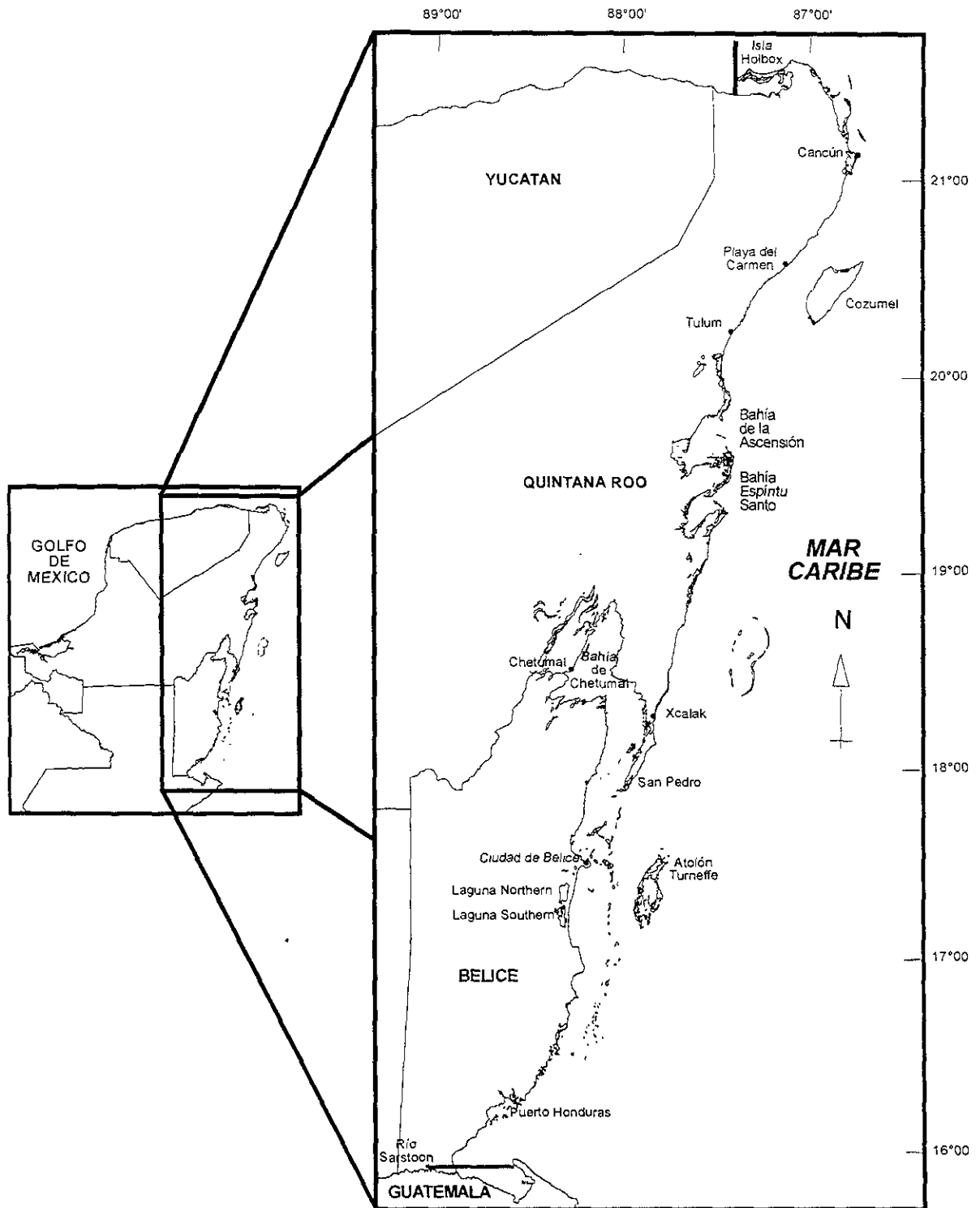


Figura 1. El área de estudio comprende toda la zona costera de Quintana Roo y Belice. Las líneas oscuras señalan el limite norte y sur del área de estudio.

Para conocer los patrones de distribución y abundancia relativa de los manatíes en la costa norte y centro-norte de Quintana Roo, se usaron siete censos realizados de marzo de 1992 a febrero de 1996. Para su estimación en la parte central del estado, comprendida por la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, se usaron cinco censos realizados de marzo de 1992 a mayo de 1994. Para la BCH se usaron 15 censos que cubrieron toda su costa más un censo parcial que cubrió sólo el lado mexicano, acumulando 16 censos de octubre de 1990 a julio de 1997. En Belice se hicieron tres censos: enero y mayo de 1994 y enero de 1995, cubriendo cada censo toda la zona costera, lagunas, cayos y base de los principales ríos de Belice. Estos tres censos en Belice y los realizados en la BCH para las mismas fechas son complementarios (ver Capítulo 3c).

El uso de censos aéreos es el método más usado en Florida y el Caribe para estudios de distribución espacial y estacional, abundancia relativa, tamaño mínimo poblacional, ubicación de zonas de mayor agregación y para evaluar la tendencia de su abundancia a través del tiempo (Bengtson y Magor 1979; Reynolds y Wilcox 1986; O'Shea *et al.*, 1988; Mou *et al.*, 1990; O'Shea y Salisbury 1991; Ackerman 1995; Garrott *et al.*, 1995; Lefebvre *et al.*, 1995). Estos censos también dan información complementaria para estudios de reproducción en vida libre (Rathbun *et al.*, 1995).

### **Telemetría**

El sistema de marcaje fue diseñado y fabricado específicamente para estudios con manatí en Florida, por el personal del Proyecto Sirenia, del Servicio de Evaluación Geológica de Estados Unidos. Este equipo ha sido ampliamente



probado en Florida y ha permitido obtener excelente información sobre el uso del hábitat, la alimentación y diferentes aspectos de la dinámica de poblaciones (Rathbun *et al.*, 1990; Reid *et al.*, 1995). Información de este sistema se da con más detalle en Rathbun *et al.*, (1987 y 1990), y en el Capítulo 3d.

### **Captura, marcaje y seguimientos de manatíes**

Se ensayaron tres métodos de captura, uno con red usado en Florida, otro utilizado en Australia con dugones y un tercero que se creó a partir de la experiencia local de algunos pescadores, combinada con el uso de materiales de bajo riesgo para el manatí y equipo de mayor eficiencia para su ubicación y selección.

Las capturas fueron hechas entre el periodo de noviembre de 1994 y mayo de 1997. Para su marcaje se usaron radios tipo VHF y un radio UHF que manda su señal vía satélite. A estos manatíes, se les dio seguimiento a partir de su fecha de captura hasta la pérdida de sus marca o decaimiento de las baterías del transmisor. El último manatí fue seguido hasta julio de 1999 (ver Capítulo 3d).

La posición de los manatíes se registró en el sistema de coordenadas UTM (siglas en inglés de Universal Transverse Mercator), debido a que está basado en medidas métricas y ofrece un sistema continuo de coordenadas cartesianas, que facilitan los cálculos de distancias entre puntos y simplifican los cálculos de triangulación (White y Garrott 1990). Los datos se capturaron en una base de datos diseñada en el paquete Microsoft Access v.2.0.

3a.

## DISTRIBUCIÓN DEL MANATÍ (*TRICHECHUS MANATUS*) EN LA COSTA NORTE Y CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, MÉXICO

BENJAMÍN MORALES VELA \*  
LEÓN DAVID OLIVERA GÓMEZ \*

### RESUMEN

De marzo de 1992 a febrero de 1996, se realizaron siete censos aéreos sobre la costa norte y centro-norte de Quintana Roo. Se contaron 11 manatíes, todos ellos en la zona de cenotes y caletas ubicada entre Tulum y Playa del Carmen, con un índice de abundancia relativa de 2.74 manatíes/hora de censo. El mayor número de manatíes contados en un mismo vuelo fue de cuatro. A pesar de que la abundancia no es alta, los manatíes usan frecuentemente la caleta de Xelha y los cenotes de Xpuha y Tancah, las cuales son áreas de uso turístico intenso; por tanto, es necesario evaluar los posibles efectos que pudiera tener esta actividad turística para la población de manatíes. No se registraron manatíes al norte de Playa del Carmen, lo que reafirma la idea de que no existe actualmente una población residente en este gran segmento de la costa de Quintana Roo.

Palabras clave: manatí, *Trichechus manatus*, censos aéreos, distribución, Quintana Roo.

### ABSTRACT

We conducted seven surveys over the coastline of northern-central and northern Quintana Roo, between March of 1992 and February of 1996. We counted a total of 11 manatees, restricted to "cenotes" and little bays located between Tulum and Playa del Carmen. The Index of Relative Abundance (IRA) was 2.74 manatees/flight hour. The maximum number of manatees counted in a single flight was four. Although the abundance is low, manatees frequently use Xelha, Xpuha and Tancah sites, which are also intensively used by tourists. Then it is important to evaluate the impact of tourism on the manatee population. We

\* El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Quintana Roo, Apartado Postal 424, 77000 Chetumal, Q.Roo, México.

did not record manatees north of Playa del Carmen, which supports the idea that there is not a resident population in that area.

Key words: manatee, *Trichechus manatus*, aerial surveys, distribution, Quintana Roo.

## INTRODUCCIÓN

El manatí del Caribe (*Trichechus manatus manatus*) es una especie considerada en peligro de extinción a nivel nacional (Diario Oficial de la Federación, 1994) e internacional (CITES, Apéndice I, 1975). En México no se cuenta con una estimación del tamaño de la población de esta especie. Estudios efectuados en Quintana Roo, informan de una población de 120 manatíes para el Caribe mexicano (Colmenero & Zárate, 1990).

Esta población se agrupa principalmente en tres áreas (Fig. 1): la primera y más importante es la bahía de Chetumal, al sur del estado, la cual concentra un promedio anual de 90 manatíes, con un índice de abundancia relativa (IAR) de 12.3 manatíes/hora de vuelo (Morales & Olivera, 1994a); la segunda área de importancia son las bahías de Ascensión y Espíritu Santo, ubicadas dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. De esta segunda zona, Morales & Olivera (1994b), concluyen que la población de manatíes es baja, acumulando 23 animales, con un IAR de 2.26 manatíes/hora de vuelo para los años de 1992 a 1994. También indican que la bahía de Ascensión es importante para las hembras con cría, la cual acumuló cinco crías censadas en diferentes vuelos, que representaron el 21.7% de la muestra. La tercera área son las caletas y cenotes ubicados entre los poblados de Tulum y Playa del Carmen, dentro de lo que se conoce como el Corredor turístico Cancún-Tulum. Existe una cuarta área entre Cancún e Isla Holbox, en la cual históricamente los lugareños confirmaban la presencia de manatíes y en donde en diferentes censos aéreos espaciados a lo largo de varios años, no se han observado organismos vivos, sólo se han colectado restos óseos de varios manatíes en Isla Holbox en 1991 (D. Olivera G., com. personal) y recientemente de un manatí en Isla Pájaros en 1994 y otro en Isla Holbox en 1995 (Delgado-Estrella *et al.*, 1996). En la actualidad, los lugareños siguen informando haber observado manatíes ocasionalmente en el norte de Quintana Roo.

El propósito de este trabajo es continuar documentando la distribución de los manatíes en esta área y estimar su abundancia, con el fin de apoyar la realización de un programa regional de conservación, a fin de conciliar el desarrollo turístico y urbano con la conservación de la fauna y flora del lugar.

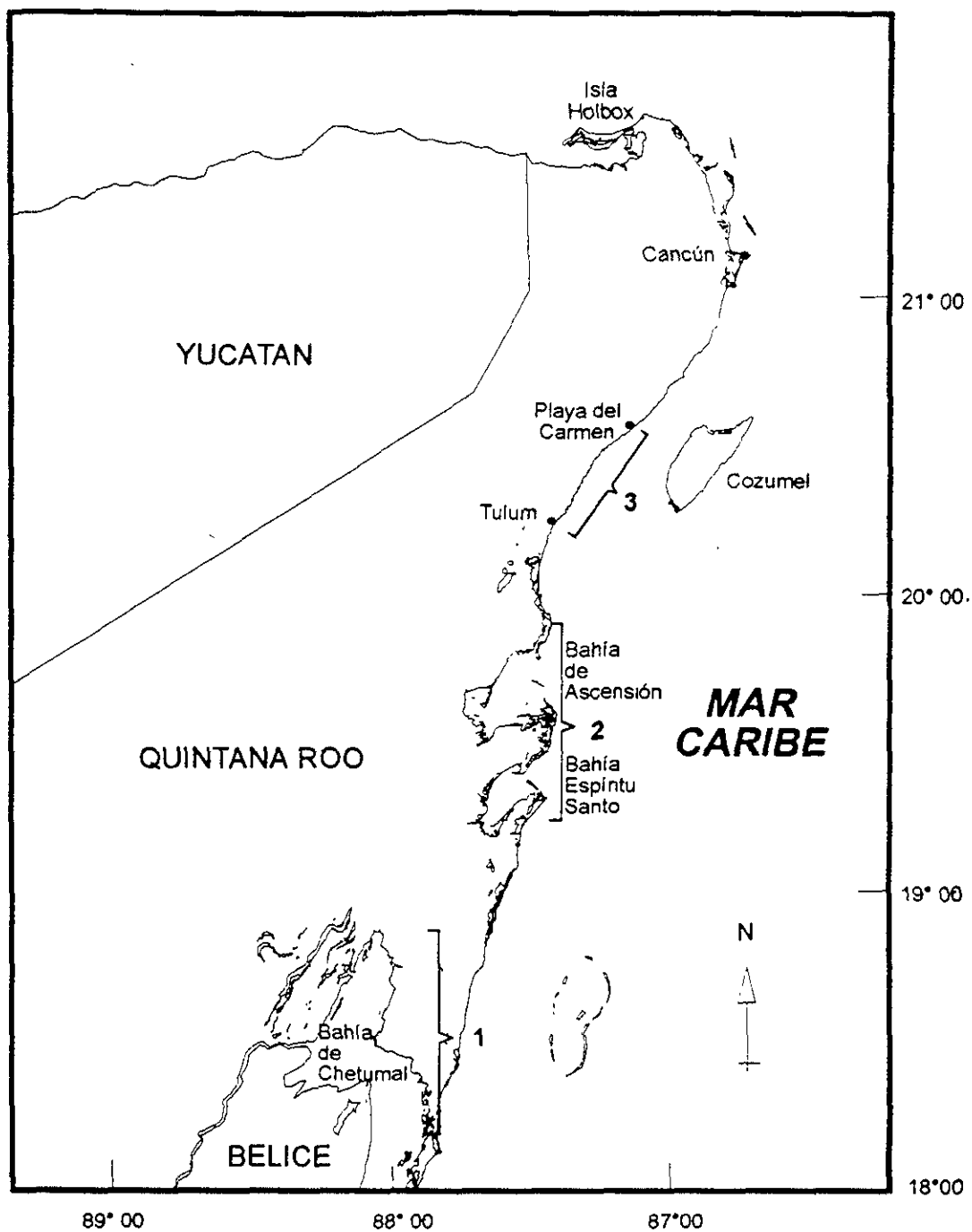


Fig. 1. Áreas con mayor presencia de manatíes en el estado de Quintana Roo: 1) Bahía de Chetumal, 2) Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, y 3) zona costera comprendida entre Tulum y Playa del Carmen.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende desde la ciudad de Tulum, ubicada aproximadamente a los 20°12'40" de latitud norte hasta la Isla Holbox en el extremo noroeste de Quintana Roo, incluyendo la Laguna de Yalahau.

El corredor Cancún-Tulum (Fig. 2) es una región de primera importancia para el país, debido a sus recursos naturales privilegiados y a la enorme y creciente infraestructura turística sobre su zona costera. Las vocaciones de uso del suelo para esta zona, determinadas en el Plan de Ordenamiento Ecológico, van desde áreas de protección ecológica, donde no se permiten las construcciones, hasta las áreas de aprovechamiento para turismo de densidad media-alta, donde se permite la construcción de 50 cuartos por hectárea y el desarrollo urbano (Periódico Oficial de Q. Roo, 1994).

La zona de costa entre Tulum y Playa del Carmen se caracteriza por ser un área sujeta a fuerte influencia de aguas freáticas, con valores máximos de descargas al litoral caribeño de 76.7 millones de m<sup>3</sup>/km/año en el área de Xelha (Back, 1985, citado en Jordán, 1993). Esta descarga origina fuertes procesos de disolución que van formando las caletas y cenotes de diverso tamaño (Jordán, 1993). Estas formaciones presentan aguas cristalinas con fondos arenosos, algunas presentan formaciones coralinas, bordeadas de roca calcárea con orillas irregulares y que constituyen sitios de agregación de peces, entre otras especies animales y vegetales (Gallo, 1983). Estos sitios se han reconocido como "oasis" de agua dulce a lo largo de la costa, donde se observan manatíes con regularidad (Gallo 1983; Colmenero & Zárate, 1990).

La costa al norte de Playa del Carmen, tiene una plataforma más extensa con un alto desarrollo de comunidades coralinas de las zonas posterior y de rompientes de la barrera arrecifal (Jordan, 1993), y es la franja costera con mayor infraestructura turística e impacto asociado hacia el medio. Hacia el norte de Cancún, la costa es baja, con una franja de 2 a 30 km con presencia de islotes, cayos, dunas y bajos (Escobar, 1986). En esta franja se encuentra la extensa laguna costera denominada Chakmochuk, también conocida como Laguna Manatí (Secretaría de Marina, 1984). La costa noroeste del estado constituye un sitio de transición entre el Mar Caribe y el Golfo de México, con la mayor extensión de la plataforma de todo el litoral del estado de Quintana Roo. En esta última zona se encuentra la Laguna de Yalahau, bordeada de costas bajas cubiertas de espesos manglares con islotes arenosos y amplios bajos. La salinidad en esta laguna varía con la época del año, presentándose salinidades más bajas en la época de lluvias, debido a los múltiples escurrimientos continentales que desembocan en ella.

## MATERIALES Y MÉTODOS

De marzo de 1992 a febrero de 1996, se realizaron siete reconocimientos aéreos sobre toda la zona de costa entre Cancún y Tulum; en tres de estos censos ( 3, 4 &

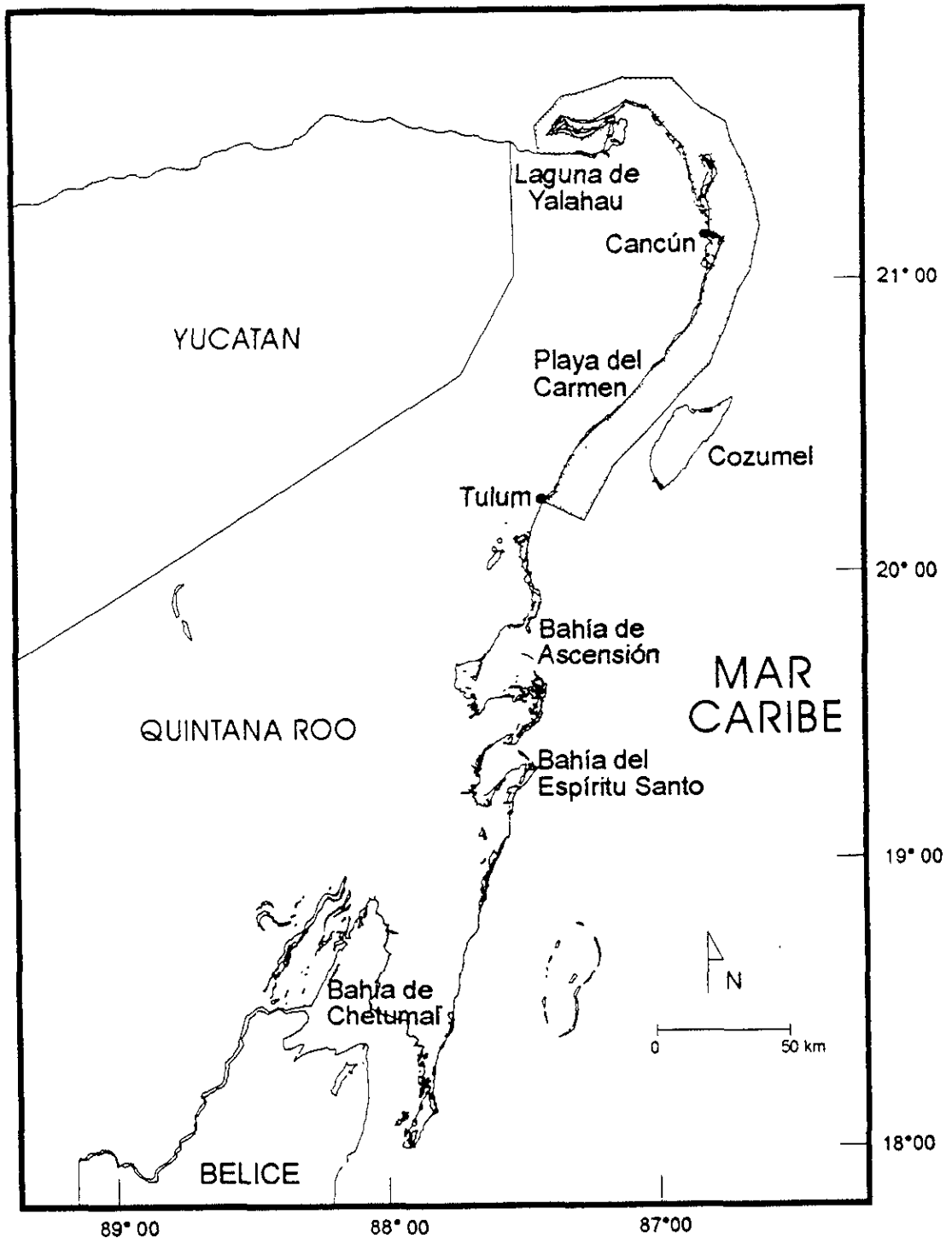


Fig. 2. Mapa de Quintana Roo, donde se resalta el área cubierta por los vuelos. El área se extiende hacia el mar, únicamente para efectos visuales.

6), también se cubrió el área de costa entre Cancún e Isla Holbox, incluyendo la laguna de Yalahau (Fig. 2).

Se utilizaron avionetas tipo CESSNA de cuatro y seis plazas y alas altas, volando a una altura promedio de 150 m y a velocidad de 130 a 150 km/hr, altura y velocidad utilizadas por Reynolds & Wilcox (1986) en Florida, O'Shea *et al.* (1988) en Venezuela, Mou Sue *et al.* (1990) en Panamá y Morales & Olivera (1994a) en la bahía Chetumal. La tripulación consistió en un piloto, de la organización ambientalista Light Hawk, un coordinador de vuelo, ubicado a la derecha del piloto y que a la vez actuaba como observador y dos observadores situados en los asientos traseros, equipados con lentes polarizados, grabadoras de mano, cámara fotográfica y mapas del área. Sólo en dos vuelos se realizó el censo de ida y vuelta (2 & 3). La ruta general de los vuelos fue siguiendo toda la línea de costa, cubriendo un ancho de banda de 400 m por lado aproximadamente. Sobre cada una de las caletas y cenotes más importantes, se voló en círculo varias veces, con el fin de tener más posibilidades de observar a los manatíes presentes. Para evitar accidentes fatales, al hacer estos círculos y en general durante todo el censo, se recomienda nunca volar a menos de 150 m (500 pies), contar con un piloto altamente calificado y seguir las recomendaciones de seguridad sugeridas por Lefebvre (1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Distribución.** No se observaron manatíes al norte de Playa del Carmen ni dentro de las lagunas de Chakmochuk y Yalahau durante las 0.67 hrs. acumuladas de censo para esas áreas, lo que sugiere que el manatí no es abundante en la parte norte de Quintana Roo. Los pescadores siguen informando de su presencia ocasional, por lo que es muy probable que la usen sólo como tránsito hacia otras áreas, coincidiendo con el estudio de Colmenero *et al.* (1988).

Datos de encuestas realizadas por Gallo (1983), informan que en la parte norte de Quintana Roo, ocasionalmente los manatíes eran arponeados para consumo humano. En 1991, durante recorridos en lancha en la Laguna de Yalahau, se encontraron restos óseos de varios manatíes a un costado del muelle en Isla Holbox (D. Olivera G., com. personal). El 6 de septiembre de 1995, un periódico de distribución regional informó de la caza de un manatí adulto en el Municipio de Dzilam de Bravo, Yucatán (aproximadamente a 170 km al oeste de Isla Holbox). Recientemente, Delgado-Estrella *et al.* (1996), informaron el hallazgo de restos óseos de manatíes en Laguna de Yalahau, uno en Isla Pájaros en 1994 y otro en Isla Holbox en 1995. Esta información sigue demostrando la presencia de esta especie en la parte norte de la península, pero también muestra la existencia de actividades de caza esporádica de manatíes, por lo que deberán de establecerse medidas de protección en la parte norte de la península de Yucatán e iniciar un programa permanente de difusión con las comunidades locales.

En la zona de caletas y cenotes entre Tulum y Playa del Carmen (Fig. 2) se

registraron los manatíes. La caleta de Xelha, el cenote de Xpuha y los alrededores del cenote de Tancah fueron los únicos lugares donde se vieron manatíes durante este estudio. Gallo (1983) registró la presencia de manatíes en la caleta de Yakul (mejor conocida como Chakalal). Sin embargo, desde el estudio de Colmenero & Hoz (1986) ya no se han observado animales en esa caleta, la cual ha sido desarrollada turísticamente. Este es un ejemplo de hábitat frágil para el manatí en el Caribe mexicano alterado por la actividad turística.

**Abundancia.** En total se registraron 11 individuos durante las 4.0 hrs. acumuladas de censo, con un índice de abundancia relativa de 2.74 manatíes/hora. El máximo número de animales vistos en el área, en un mismo vuelo, fue de cuatro; tres de ellos localizados en la caleta de Xelha (Cuadro 1). En cuatro de los siete vuelos (con frecuencia de observación de 0.57), se encontraron animales dentro del cenote de Xpuha o en zonas adyacentes, y fuera del cenote Tancah se registraron tres veces (0.43).

**Cuadro 1.** Resultado de los vuelos efectuados sobre la zona de caletas y cenotes entre Tulum y Playa del Carmen. Todos los manatíes observados fueron adultos.

Censo	Fecha	Avión CESSNA	Tiempo (hrs.)*	Manatíes	No. Avist.	Hora	Ubicación
1	03/03/92	206	0.460	1	1	8:50	Norte de Tancah
				1	2	12:20	Norte de Xpuha
2	17/02/93	182	0.983	1	3	9:29	Fuera de Tancah
3	08/11/93	313	0.886	1	4	8:51	Xpuha
				1	5	8:58	Xelha
				1	6	8:59	Xelha
				1	7	9:00	Xelha
4	03/30/94	313	0.443	1	8	8:27	Xpuha
				1	9	8:27	Xpuha (joven)
5	14/05/94	206	0.400	0			
6	15/01/95	206	0.405	1	10	13:30	Fuera de Tancah
				1	11	13:45	Xpuha
7	10/02/96	206	0.430	0			

\*Las horas se expresan en decimales

Los censos aéreos, método aplicado en este estudio, es el que principalmente se usa para conocer la distribución espacial de los manatíes en áreas extensas. En las costas de Florida se han utilizado desde 1973 (Hartman, 1979; Reynolds & Wil-



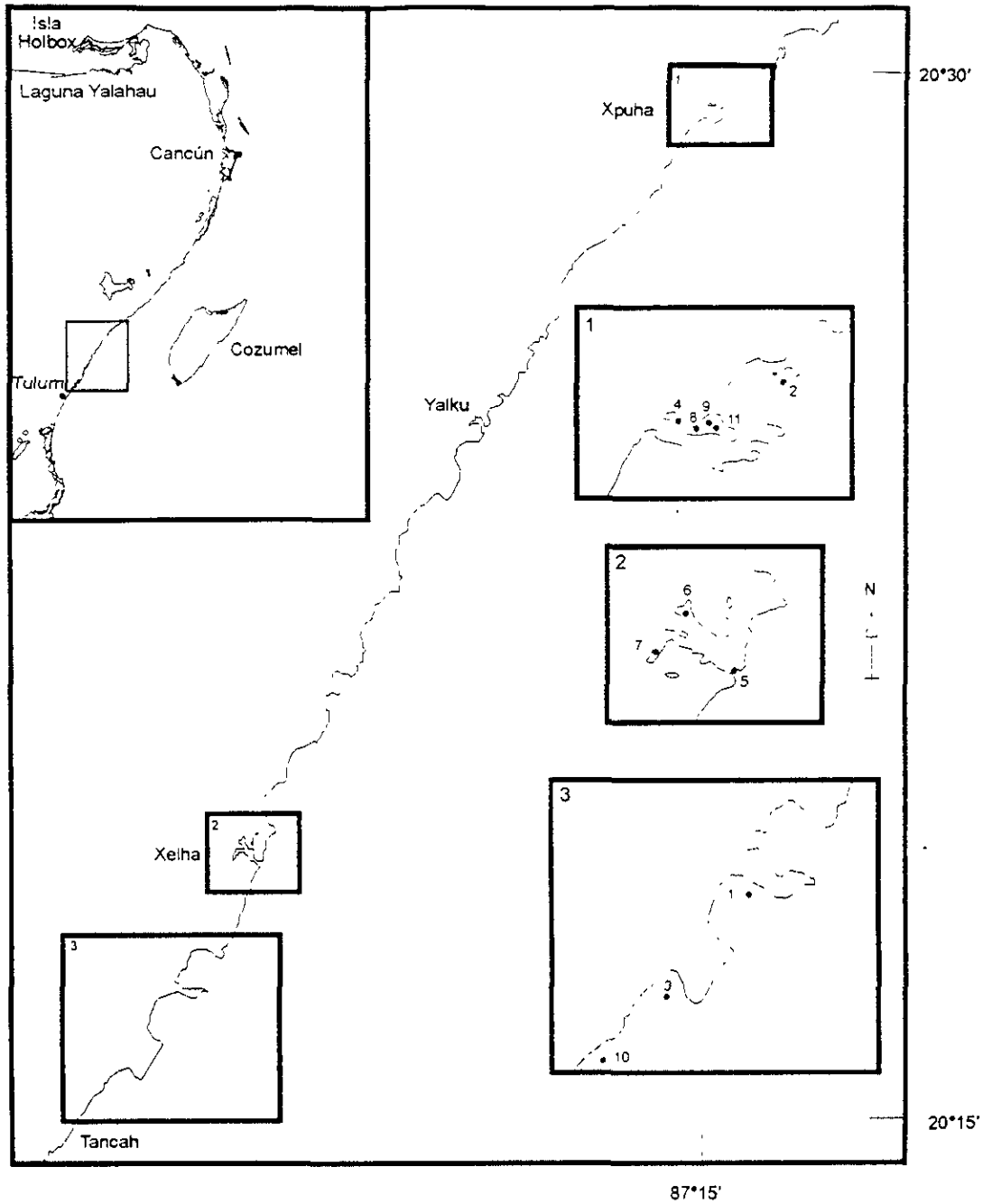


Fig. 3. Ubicación de los manatíes observados en las diferentes caletas y cenotes de la costa de Quintana Roo.

Aunque la abundancia no es alta, los manatíes hacen uso frecuente de estos sitios. Se requiere hacer estudios más continuos en algunas caletas y cenotes para determinar cuál es el uso que los manatíes hacen del área, los motivos que generan su entrada y salida continua de las caletas y los posibles efectos del incremento de la actividad turística en su conducta y su hábitat. También se recomienda continuar con los censos aéreos sobre estas zonas de mayor concentración, procurando que el diseño del censo permita un muestreo más intenso. En la zona de Yalahau y Laguna Chakmochuc se requiere hacer más trabajos de campo, para conocer las características físicas de estas lagunas y entrevistas a los lugareños para evaluar las causas de mortalidad de los manatíes.

Dentro de los requerimientos ecológicos más importantes para el manatí están la presencia de fuentes de agua dulce y áreas de resguardo contra el oleaje excesivo y contra los depredadores (Marine Mammal Commission, 1984). La distribución de los manatíes registrada en este estudio guarda una estrecha relación con estos factores, por lo que la zona de caletas y cenotes entre Tulum y Playa del Carmen, son de vital importancia para la sobrevivencia de esta especie en el Caribe mexicano. Gallo (1983) comenta que los cenotes juegan un papel determinante en la distribución de los manatíes, ofreciéndoles alimentación, agua dulce y protección.

Es necesario que se definan acciones específicas de protección a estas caletas y cenotes que frecuentan los manatíes, ya que al mismo tiempo son sitios de creciente uso turístico de alta densidad. La elaboración de letreros informativos, zonificación de áreas, vigilancia asidua, control de visitantes y actividades educativas diversas, ayudarán a la conservación del manatí y de su hábitat en Quintana Roo.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo al Proyecto Manatí, REF:N9301-2017, a la organización ambientalista LightHawk por la participación de sus experimentados pilotos y a la Asociación Amigos de Sian Ka'an, A.C. por el apoyo recibido para la realización de los vuelos.

### LITERATURA CITADA

- ACKERMAN, B.B. 1995. Aerial surveys of manatees: a summary and progress report. In: T.J.O'Shea *et al.* (eds.) *Population biology of the Florida manatee*. National Biological Service, Information and Technology Report 1, pp. 13-33
- CARR, T. 1994. *The manatee and dolphins of the Miskito Coast Protected Area, Nicaragua. Report of the Caribbean Conservation Corporation*. Marine Mammal Commission, Washington, D.C. 19 p. MMC Contract T94070376.
- CITES 1975. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. Appendix I.
- COLMENERO R.,L.C. & M.E. HOZ Z. 1986. Distribución de los manatíes, situación y su con-

- servación en México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool.* 56(3): 955-1020
- COLMENERO R., L.C., J. AZCÁRATE C. & E. ZARATE B. 1988. *Estado y distribución del manatí en Quintana Roo. Reporte Final de Investigación*, CIQRO/USFWS/SEDUE, México. 144 p.
- COLMENERO R., L. C. & E. ZÁRATE B. 1990. Distribution, status and conservation of West Indian manatee in Q.Roo, México. *Biol. Cons. erp.* 52:27-35
- DELGADO-ESTRELLA, A., J.G. ORTEGA-ORTIZ & E. ESCATEL L. 1996. Registros recientes de manatí *Trichechus manatus* en Isla Holbox. Bahía de la Ascensión y Bahía de Espíritu Santo, Quintana Roo, México. *Resúmenes de la XXI Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*, Chetumal, Q.Roo, 8 al 12 de abril de 1996, pp. 58.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 1994. Norma Oficial Mexicana-059-ECOL. (NOM-059-ECOL-1994) que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Tomo CDLXXXVIII (10), 16 mayo de 1994. México, D.F., pp: 2-60 .
- ESCOBAR N., A. 1986. *Geografía general del estado de Quintana Roo*. Fondo de fomento editorial del Estado de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo. 140 p.
- GALLO R., J.P. 1983. Notas sobre la distribución del manatí (*Trichechus manatus*) en las costas de Quintana Roo. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México Ser. Zool.* 53(1):443-448
- HARTMAN, D.S. 1979. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. Special publication, *Amer. Soc. Mamm.* 5:1-154.
- JORDÁN D., E. 1993. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo. 110 p.
- LEFEBVRE, L. W., 1995. Manatee aerial survey safety rules. *Sirenews (Newsletter of the IUCN/SSC)* 24:2-3
- LEFEBVRE, L. W., B.B. ACKERMAN, K. M. PORTIER & K.H. POLLOCK. 1995. Aerial survey as a technique for estimating trends in manatee population size-problems and prospects. In: T.J.O'Shea et al. (eds.) *Population biology of the Florida manatee*. National Biological Service, Information and Technology Report 1, pp. 63-74
- MARINE MAMMAL COMMISSION. 1984. *Habitat protection needs for the subpopulation of West Indian manatees in the Crystal River area of northwest Florida*. U.S. Marine Mammal Commission, Washington D. C. Final Report MMC-84/09. 46 p.
- MARSH, H. 1995. Fixed-width aerial transects for determining dugong population sizes and distribution patterns. In: T.J.O'Shea et al. (eds.) *Population biology of the Florida manatee*. National Biological Service, Information and Technology Report 1, pp. 56-62.
- MARSH, H. & D. F. Sinclair. 1989. Correcting for visibility bias in strip transect aerial surveys of aquatic fauna. *J. Wildlife Manag.* 53:1017-1024.
- MORALES V., B. & L.D. OLIVERA G. 1994a. Distribución espacial y estimación poblacional de los manatíes en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Rev. Inv. Cient. U.A.B.C.S.* 2(No. Esp. SOMEMMA 2): 27-52.
- MORALES V., B. y L.D. OLIVERA G. 1994b. Distribución y abundancia del manatí en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, Méx. (1992-1994). *Sian Ka'an Ser. documentos* 2: 55-59.
- MOU SUE, L. L. & D. H. CHEN. 1990. Distribution and status of manatees (*Trichechus manatus*) in Panama. *Marine Mammal Sci.* 6(3):234-241.
- O'SHEA, T.J., M. CORREA-VIANA, M.E. LUDLOW & J. G. ROBINSON. 1988. Distribution, status

- and traditional significance of the West Indian manatee *Trichechus manatus* in Venezuela. *Biol. Conserv.* 46(1988):281-301.
- PERIÓDICO OFICIAL DEL ESTADO DE QUINTANA ROO. 1994. Acuerdo de coordinación para el ordenamiento ecológico de la región denominada Corredor Cancún-Tulum. Tomo X (7 Extraordinario) 5a. Época, 9 de junio de 1994.
- REYNOLDS, J.E. III & J.R. WILCOX. 1986. Distribution and abundance of the West Indian Manatee around selected Florida power plants following winter cold fronts:1984-1985. *Biol. Conserv.* 38:103-113
- REYNOLDS, J.E. III & J.R. WILCOX. 1994. Observations of Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*) around selected power plants in winter. *Marine Mamm. Sci.* 10(2): 163-177.
- SECRETARÍA DE MARINA. 1984. Carta batimétrica Isla Mujeres, Cancún y proximidades. Secretaría de Marina, México, D.F.

### 3b. Distribución y Abundancia del Manatí en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Q. Roo, México: (1992-1994)

Benjamín Morales Vela y León David Olivera Gómez

Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Apdo. Postal 424, C.P. 77000, Chetumal, Quintana Roo.

**RESUMEN.**- Se realizaron cinco censos aéreos de manatíes, sobre toda la franja costera de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an en avionetas Cessna de ala alta a una altura de 500 pies y velocidad entre 80 y 100 nudos. La visibilidad fue aceptable para los reconocimientos. Este estudio permite mantener actualizado el conocimiento sobre la distribución de los manatíes en la Reserva y ubicar las áreas de mayor uso. El total acumulado fue de 23 animales. El índice de abundancia relativa para los tres años fue de 2.26 manatíes por hora de vuelo, presentándose fuertes variaciones entre los censos, con valores desde cero hasta 6.67. Las crías representaron el 21.7% de la muestra. La población en la Reserva es baja y su presencia aparentemente no es constante a lo largo del año; la Bahía de la Ascensión resultó de mayor importancia acumulando el 82.6% de los manatíes contados. Los manatíes mostraron preferencia por estar al fondo de las bahías, en sitios someros asociados a arroyos con un alto escurrimiento de agua de lluvia.

**Palabras Clave:** Manatí, Censos Aéreos, Distribución y Abundancia, Sian Ka'an.

**ABSTRACT.**- Five aerial surveys for manatees were carried out using high winds Cessna aircrafts at 500 feet high and speed of 80 to 100 knots over the coast line of Sian Ka'an Biosphere Reserve. The visibility for the recognition was acceptable. This study help us keeping the current knowledge of the manatee distribution all over the Reserve and situate the high used areas. The total accumulated was of 23 animals. The Relative Abundance Index for the three years of 2.26 manatees per flight hour, with strong variations between census, with values from 0 to 6.67. Calves represented the 21.7% of the sample. The Reserve population is low and apparently it does not remain constant along the year; Ascension Bay showed a higher importance with 82.6% of manatees registered on this area. Manatees showed preference for the internal zone of the bays in shallow areas associated with creeks of high rain drainage level.

**Key Words:** Manatee, Aerial Surveys, Distribution and Abundance, Sian Ka'an.

## Introducción

La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK) es una de las zonas protegidas más importantes de México, en ella se encuentran múltiples ambientes y especies en peligro de extinción y sujetas a protección especial (Navarro *et al.*, 1990), como es el caso del manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) (NOM-059-ECOL-1994).

Las investigaciones sobre manatíes en Quintana Roo se han realizado de manera continua desde 1987 (Colmenero *et al.*, 1988; Morales y Olivera, 1991; 1992; 1993; 1994a; 1994b). Esto ha permitido que ahora se cuente con mayor información sobre su distribución y abundancia en este estado. Colmenero *et al.*, (1988), proporcionan los primeros datos sobre su distribución obtenidos a través de censos aéreos en la zona.

El presente estudio se hizo con el fin de mantener actualizado el conocimiento sobre la distribución de los manatíes en la RBSK y ubicar las áreas de mayor uso. Este trabajo forma parte de un estudio más amplio sobre distribución, movimientos y uso de habitat del manatí en las aguas del Caribe de México y Belice.

## Materiales y Métodos

Se realizaron cinco reconocimientos aéreos sobre toda la franja costera de la RBSK, a bordo de diferentes avionetas de la organización LightHawk (Cessna Centurión en los dos primeros vuelos, Cessna 313 Skymaster en los vuelos tres y cuatro y Cessna 206 en el vuelo cinco), todas ellas de ala alta. La altura de vuelo varió en los dos primeros censos, sin embargo en los últimos tres se estandarizó a 500 pies y la velocidad se reguló entre los 80 y 100 nudos, con excepción del primer reconocimiento en el que se volaron tramos sobre la costa del Caribe a 150 nudos. Las condiciones de vuelo se presentaron muy variables, sin embargo la protección de la barrera arrecifal a lo largo de la costa, permitió que la visibilidad fuera aceptable para los reconocimientos. En el Cuadro 1 se presentan las condiciones existentes durante cada uno de los vuelos.

Morales, V.B. y D. Olivera G. 1994. Distribución y Abundancia del Manatí en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Q. Roo, México: (1992-1994).

Sian Ka'an. Serie Documentos N° 2:55-59.

En el momento de observar a un manatí, la altura y la velocidad de vuelo se disminuyó, siguiendo el método conocido como "Esfuerzo Variable de conteo" (Lefebvre y Kochman, 1991). La ubicación de los animales se registró con un geoposicionador, al mismo tiempo, se ubicó la posición

relativa sobre mapas para una corroboración posterior.

El índice de abundancia relativa (IAR) es resultado del número de manatíes contados sobre el tiempo efectivo de censo.

Fecha	Duración	Avión	Altura	Velocidad Nudos	Nubosidad	Viento	Estado del Mar
03-03-92	2.05	Cessna Centurion	Variable	100-150	10%	Ligero Norte	1-2
17-02-93	2.12	Cessna Centurion	200	80	10-70%	Fuerte Norte	3-4
08-11-93	2.42	Cessna 313 Skymaster	500	80-100	30%	Ligero	1-2
03-03-94	1.50	Cessna 313 Skymaster	500	90	35%	Moderado- Fuerte SE	3
14-05-94	2.10	Cessna 206	500	90	30%	Moderado Sureste	2-3

Cuadro 1. Condiciones de los vuelos realizados en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.

## Resultados

**ABUNDANCIA.**- Sólo en cuatro de los cinco censos se observaron manatíes, acumulando un total de 23 animales diferenciados en: dos jóvenes, 16 adultos (cinco hembras) y cinco crías (Cuadro 2). El IAR para los tres años fue de 2.26 (23/10.19 horas), presentándose fuertes variaciones entre meses y años, con valores desde cero hasta 6.67. Las hembras representaron el 31.25% de los adultos, el cual es un valor alto, y las crías representaron el 21.7% de la muestra censada (Cuadro 3). Es interesante resaltar, por un lado, que la bahía de Ascensión (BA) concentró a las cinco hembras con crías contadas en dos años y por otro, que acumuló a 19 (82.6%) de los 23 manatíes contados (Cuadros 2 y 3). Esto indica que la zona costera de la RBSK sigue siendo utilizada frecuentemente por los manatíes, aunque en bajo número y con preferencias de hábitat entre una y otra bahía y la zona costera.

**Bahías de Ascensión (BA) y Espíritu Santo (BES).**- Las dos bahías acumularon 14 de los 15 avistamientos (Cuadro 3); de éstos, en BES se observaron sólo tres individuos en dos

de los cinco censos, con una probabilidad de ocurrencia  $p=0.4$  manatíes por censo; mientras que en BA se obtuvieron 11 registros con 19 manatíes acumulados en cuatro de los cinco censos, con una probabilidad de ocurrencia de  $p=0.8$  y un tamaño promedio de grupo de 1.73.

**Costa del Caribe (CC).**- Sólo un individuo se registró en la costa durante los cinco vuelos. La probabilidad de ocurrencia fue de  $p=0.2$  manatíes por censo (Cuadro 3).

**DISTRIBUCION.**- En BES, los tres manatíes observados se ubicaron: uno cerca de Punta Herrero y los otros dos en la zona suroeste de la bahía (Figura 2). Los tres coinciden en estar en zonas protegidas de la acción directa del viento y cercanas a zonas con escurrimientos de agua de lluvia. Uno de los animales se dirigía hacia el río Cantil (Figura 2), localidad donde los pescadores dicen ver a los animales con mayor frecuencia.



conservación de la especie en las aguas del Caribe mexicano.

Proporcionalmente, el valor obtenido de las hembras acompañadas de una cría en BA, es mayor que el obtenido en la bahía de Chetumal, donde se encuentra la mayor población de manatíes del estado, estimada en 90 animales promedio (Morales y Olivera, en prensa), específicamente 21.7 % contra un 7.6 % para la bahía de Chetumal (Morales y Olivera, 1994).

El que no se hayan visto hembras con cría en la BES no indica necesariamente que sea un lugar inadecuado para la crianza y reproducción, existen algunos reportes de pescadores de observar grupos con aparente actividad de reproducción dentro de esta bahía. A nuestro juicio, ambas bahías ofrecen los requerimientos necesarios para los manatíes como son: alimento, zonas someras, áreas protegidas del oleaje y agua de muy baja salinidad.

La gran variabilidad en los IAR obtenidos de uno a otro mes y año, son reflejo, por un lado, del bajo número de animales existentes, que hacen más azarosa su observación, y por otro, indican un uso discontinuo del área.

Colmenero y Zárate (1990), en sus censos realizados entre 1987 y 1988, con un plan de vuelo muy similar al actual, dan un IAR ligeramente menor al obtenido en este período (Cuadro 4). También sus datos indican un bajo número de animales y se observa la misma tendencia de encontrar más manatíes en BA, con una relación de 15:1 comparada con el 6.3:1 de este estudio.

AUTOR	No. máx de vuelos	Tiempo total de vuelo	Total de manatíes	I.A.R.
Este trabajo	5	9.92 hrs.	23(5)	2.32 man/h x = 2.56 ds = 2.84
Colmenero y Zárate 1990	6	11.70 hrs.	16(1)	1.37 man/h

Cuadro 4. Comparación de los resultados sobre manatíes registrados en este trabajo entre 1982 y 1994 y los datos obtenidos por Colmenero y Zárate (1990) entre 1987 y 1988.

**DISTRIBUCION.-** En el estudio de Colmenero *et al.* (1988), se presenta una distribución de los manatíes muy parecida a la encontrada en este estudio, con la mayor cantidad de animales ubicados al fondo de BA, en las zonas de Cayo Xobón y península de Vigía Grande. Los otros animales se encontraron cerca de Vigía Chico y Punta Gorda y en la costa oeste de Cayo Culebras.

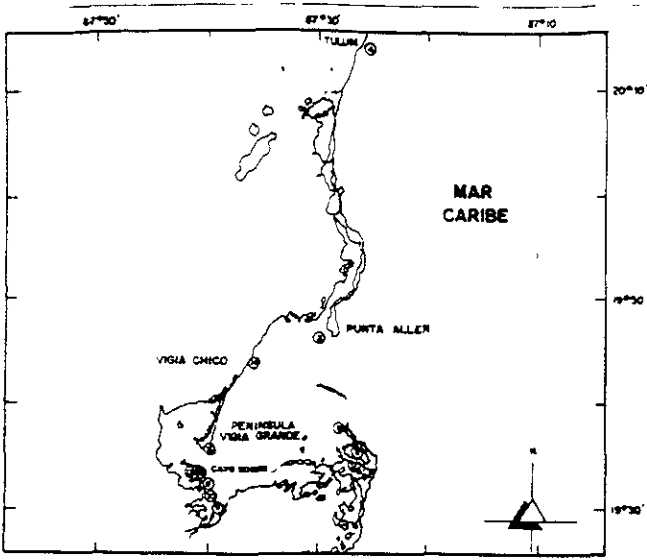


Figura 1. Manatíes observados en Bahía de la Ascensión.

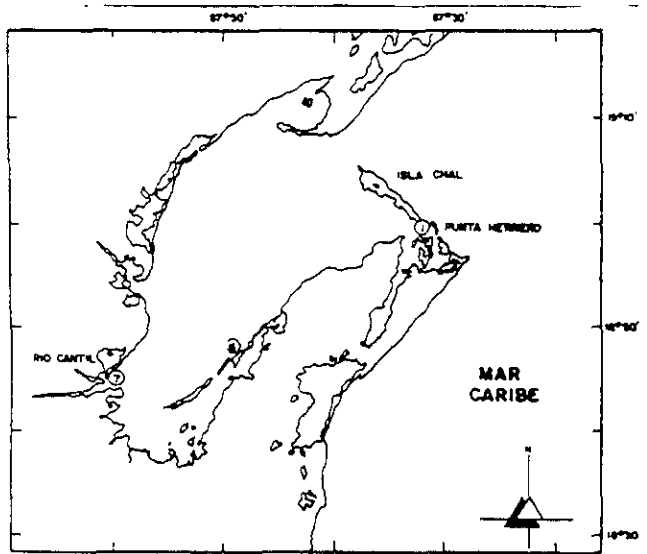


Figura 2. Manatíes observados en Bahía del Espíritu Santo.

## Discusión

**ABUNDANCIA.-** A pesar del bajo número de manatíes contados a lo largo de estos tres años en la RBSK, el que las hembras con cría representen un alto porcentaje del total, muestra que cuando menos la BA tiene gran importancia para el cuidado de las crías y por consiguiente, en la



### 3c. Patrones de abundancia y distribución de los manatíes en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México.

**Benjamín Morales Vela**

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal.  
Carr. Chetumal-Bacalar km. 2, Zona Industrial No. 2.  
C. P. 77049. Chetumal, Quintana Roo, México.

#### Resumen

De 1990 a 1997 se realizaron 28 censos aéreos sobre diferentes áreas de la zona costera de la bahía de Chetumal (BCH). El mayor número de manatíes contados fue de 123 y el mínimo de 19 ( $\bar{X} = 44.0 \pm 26.2$ ,  $CV = 59.5\%$ ). El índice de abundancia relativa (IAR) varió de 9.0 a 42.3 manatíes/hora de vuelo ( $\bar{X} = 19.32 \pm 8.8$ ,  $CV = 45.5\%$ ). Los valores suavizados de IAR para cada año mostraron un patrón con menor fluctuación (14 a 24 manatíes/hora de vuelo). Las crías representaron en promedio el 7.9 %, variación de 0 a 25.0 % por censo. El 61.0 % de los avistamientos de manatíes fueron de animales solos y 38.6 % en grupos. El total acumulado de manatíes fue de 1048, de ellos el 80.0 % estaban solos o formando grupos de 2 a 4 manatíes, lo que demuestra que son animales semi-sociales. La zona 1 de BCH, fue el área costera de mayor frecuencia de uso por los manatíes, posiblemente por su diversidad de hábitats.

## **Introducción**

La bahía de Chetumal (BCH) es el área de mayor concentración de manatíes en Quintana Roo. Su subpoblación se estima en 90 manatíes promedio, con un intervalo de 51 a 130 y un índice de abundancia relativa (IAR) de 12.3 manatíes/hora de vuelo (Morales y Olivera 1994). Esta estimación se obtuvo a partir de dos censos aéreos realizados en 1990, con transectos perpendiculares y paralelos a la costa de la BCH y subdividiendo el área en zonas de alta y baja densidad. Estos autores observaron que los manatíes presentan tendencia a permanecer con mayor frecuencia en una franja costera de 1.8 km de ancho a partir de la línea de costa, registrando una proporción de 93.0% observados en esta franja y 7.0% observados en la parte central de la BCH, para un momento dado.

El monitoreo de los manatíes en la BCH con censos aéreos se ha mantenido desde 1990 hasta 1997, volando sólo sobre la franja de costa de 1.8 km, señalada como la zona de alta densidad de manatíes (Morales y Olivera 1994). El objetivo de este trabajo es estimar el patrón de la abundancia relativa de manatíes y conocer su distribución espacial y temporal en la zona costera de la BCH.

## **Métodos**

**Area de estudio.** La BCH se ubica en el extremo sur del estado de Quintana Roo (Figura 1) y se extiende desde los 17°52' a los 18°50' N y de los 87°50' a los 88°25' W.

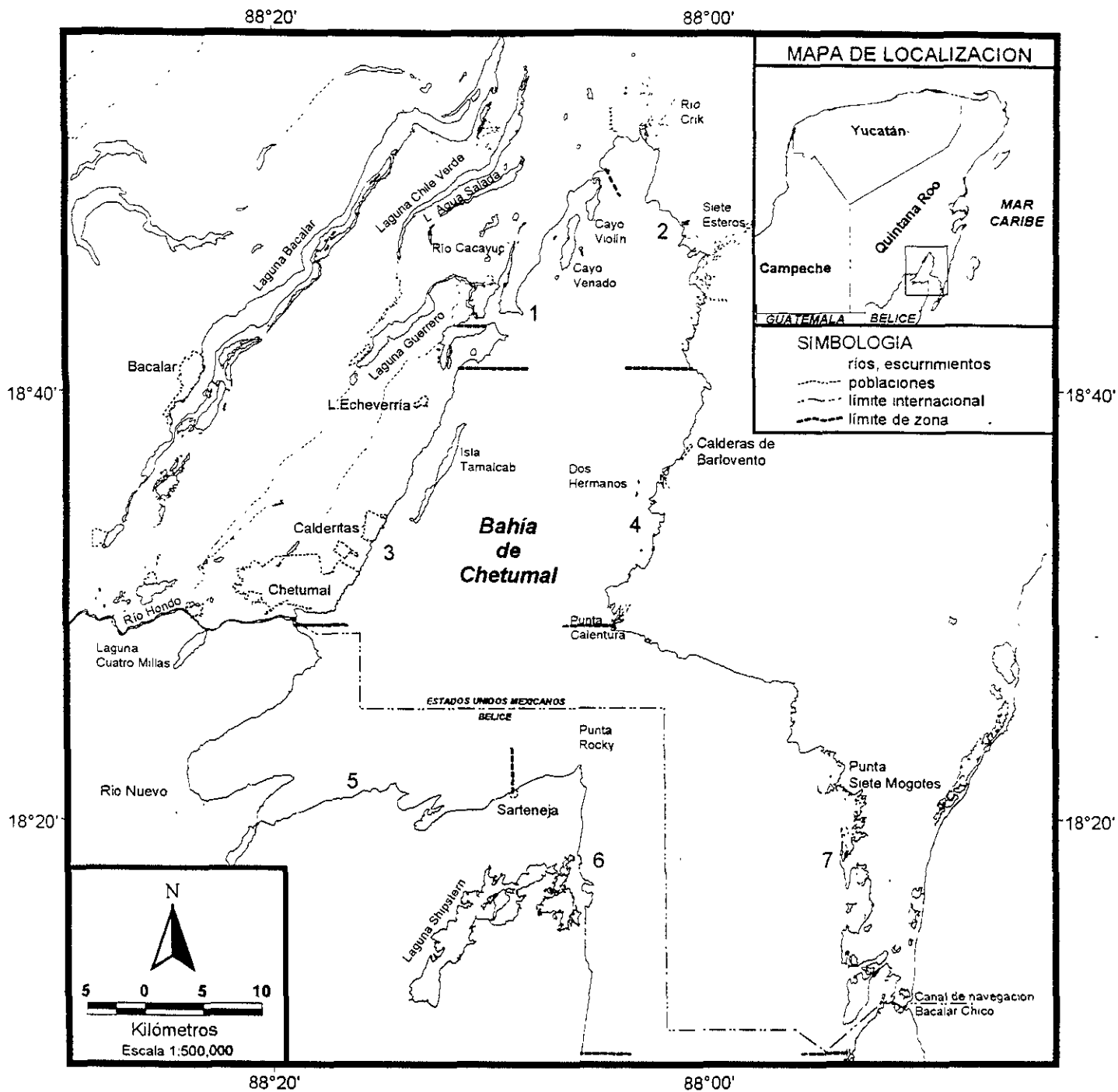


Figura 1. Area de estudio. Se señala el límite internacional con Belice y los límites de las 7 zonas en que se dividió la costa de la Bahía de Chetumal (1-7) para hacer comparaciones de uso por los manatíes.

Es un amplio estuario de aproximadamente 2450 km<sup>2</sup>, incluyendo el área de Belice. Constituye el principal cuerpo de agua costera de Quintana Roo. Su longitud máxima es de 110 km, tiene un ancho predominante de 20 km, un mínimo de 5 km en su extremo norte y un máximo de 49 km en su parte media y presenta numerosos aportes de agua dulce: en su parte sur desembocan el río Hondo (que es la frontera México – Belice), y el río Nuevo; en su parte noroeste desemboca la laguna Guerrero, la cual a su vez, se alimenta de las lagunas Chile Verde, Agua Salada y Bacalar. En sus riberas norte y este, la bahía recibe agua dulce de varios arroyos de diferente tamaño, los más importantes son el río Crik en su extremo norte y Siete Esteros en su costa noreste. Ambos forman parte de extensos humedales con fuerte escurrimiento de agua de lluvia hacia la bahía. En su costa sur, en la parte de Belice, existen otros importantes escurrimientos a lo largo de los 50 km de su costa (Figura 1).

La profundidad media de la BCH es de 3.02 ± 1.30 m, con mayor profundidad en la parte media y norte, donde existe un canal central que alcanza profundidades de 4 a 7 m; en la parte sur de la bahía la profundidad varía de 2 a 2.5 m (Morales *et al.*, 1996).

**Métodos de evaluación.** Se realizaron censos aéreos usando diferentes tipos de avioneta que incluyeron Cessnas 182, 206 y 210, Skymaster, Maule y en una ocasión un helicóptero de 4 plazas. Las avionetas Maule son de un motor al frente, con 4 plazas y de alas altas, estas fueron proporcionadas por la Armada de México. En cada tipo de avioneta volaron siempre los mismos pilotos. Los censos se hicieron siguiendo un proceso estandarizado, volando a una altura de 150 a 180 metros y una velocidad de 100 a 130 km/h (Reynolds y Wilcox 1986; O'Shea *et al.*,

1988; Mou *et al.*, 1990; Morales y Olivera 1994). De dos a cuatro observadores participaron en cada censo, dos tenían experiencia en censos de manatíes y uno de ellos participó en todos los censos. Los observadores usaron lentes polarizados, grabadoras de mano, mapas de la zona y un geoposicionador por satélite. Cuando un grupo de manatíes era visto, la avioneta volaba en círculos hasta obtener un consenso entre los observadores sobre el máximo de manatíes contados, este método se conoce como esfuerzo variable de recuento (Lefebvre y Kochman 1991). Los manatíes se clasificaron en adultos y crías. Aquellos de talla menor a dos metros y cercanos a un adulto, se consideraron como crías. Animales adultos asociados con una cría fueron considerados como hembras.

Se definió como grupo a las agregaciones de dos o más manatíes, incluyendo el par hembra – cría. Los límites entre un grupo y otro fueron definidos con base en la distancia entre los animales. Cuando los manatíes se encontraban a distancias estimadas mayores de 80 m entre ellos, eran considerados de diferente grupo.

El nivel de confiabilidad de los censos se evaluó sobre 4 características: intensidad del viento, nubosidad, turbiedad del agua y aspectos generales del censo. Esta última característica incluye la experiencia de los observadores y del piloto, problemas al seguir la ruta, mareo, problemas mecánicos y otros a consideración del responsable del censo.

Cada una de las cuatro características mencionadas recibió de uno a cinco puntos dependiendo del nivel de disturbio en que se ubiquen (Cuadro 1). Entre más puntos se acumulen, las condiciones del censo serán más pobres.

Cuadro 1. Características utilizadas para clasificar las condiciones de los censos y su valor correspondiente en puntos. se definieron 5 categorías: excelente (1-4 puntos), bueno (5-8 puntos), favorable (9-12 puntos), pobre (13-16 puntos) y muy pobre (17-20 puntos).

Característica	Niveles de disturbio	Puntos
<b>Intensidad del viento</b>	Viento menor a 7 nudos	1
	Viento 8-11 nudos	2
	Viento 12-16 nudos	3
	Viento 17-20 nudos	4
	Viento 21-29 nudos	5
<b>Nubosidad</b>	Nubosidad menor a 20%	1
	Nubosidad 20-50%	2
	Nubosidad 50-60%	3
	Nubosidad 60-80%	4
	Nubosidad mayor a 80 %	5
<b>Turbiedad del agua</b>	Turbiedad menor a 10% (fondo visible en 90% de la ruta)	1
	Turbiedad 10-20%	2
	Turbiedad 20-30%	3
	Turbiedad 30-50 %, problemas de agua muy somera	4
	Turbiedad mayor a 50 %, visibilidad pobre	5
<b>Aspectos generales del censo</b>	Tres escrutadores y piloto con experiencia y sin problemas de censo	1
	Dos escrutadores y piloto con experiencia, problemas menores de censo	2
	Problemas de mareo en un escrutador, problemas generales regulares	3
	Piloto sin experiencia	4
	Sólo un escrutador con experiencia, problemas generales mayores	5

Dada la diferencia de los tiempos de esfuerzo entre los censos realizados, fue necesario trabajar con un índice de abundancia relativa (IAR) definido como número de manatíes/tiempo de censo, para normalizar las comparaciones. Cuando se requirió, los valores de IAR fueron transformados a logaritmos, para normalizar la distribución de los residuos y homogeneizar las varianzas.

**Suavización de datos.** Para detectar un posible patrón de comportamiento específico de los valores de IAR, se procedió a suavizar la distribución de los datos sobre una secuencia ordenada de los censos, aplicando el suavizador compuesto no lineal resistente 3RSSH para obtener el patrón de variación gradual de los valores de IAR de los censos completos. Para su cálculo se usó el programa Statgraphics V. 7.0. Este suavizador es de fácil cálculo, altamente resistente y se ajusta bien a las variaciones de alta frecuencia (Salgado, 1992).

Bajo este suavizador los valores inicial y final de la secuencia no pueden suavizarse, hecho que habrá de tomarse en cuenta para los análisis que se hagan de la tendencia observada.

**Cobertura de los censos.** La trayectoria de los censos siguió el contorno de la línea de costa a una distancia de 500 a 800 m sobre la BCH, cubriendo una franja de 800 a 1000 m, incluyendo laguna Guerrero y río Cacayuc. Esto con el fin de cubrir las áreas más probables de presencia de manatíes (Morales y Olivera 1994) y, a la vez, hacer más eficiente el tiempo de vuelo. Los registros de manatíes en el río Hondo no se tomaron en cuenta para hacer las comparaciones entre zonas, debido a que sus aguas de 8 m de profundidad, turbias y con mayor cobertura de manglares sobre sus márgenes, aumentan considerablemente el margen de error en el censo. De forma no planeada, durante los vuelos, en algunos sitios se voló en círculos muy amplios para abarcar un área mayor.

La zona costera de BCH, tanto del lado de México como de Belice, fue dividida arbitrariamente en siete zonas, tomando en cuenta características topográficas de fácil reconocimiento desde avioneta y tratando de igualar las longitudes de las zonas. Las líneas imaginarias de las fronteras entre zonas se muestran en la Figura 1. La zona 1 incluye las aguas de laguna Guerrero, canales, río Cacayuc y aguas costeras de los cayos Venado y Violín. La zona 2 incluye la meseta marina frente a río Crik, costa de Siete Esteros hasta una línea imaginaria al norte de Calderas de Barlovento. La zona 3 ubicada en la costa oeste, se extiende desde la desembocadura del río Hondo, costa frente a la ciudad de Chetumal hasta una línea imaginaria ubicada en una ensenada al norte del poblado de Luis Echeverría. La zona 4 ubicada en el lado este de BCH, incluye

costa de Calderas de Barlovento, Dos Hermanos hasta la línea imaginaria de Punta Calentura. La zona 5 se ubica en el lado de Belice de la BCH desde la orilla sur de la desembocadura del río Hondo hasta frente al poblado de Sarteneja. La zona 6 va desde Sarteneja, siguiendo sobre Punta Rocky y toda la costa frente a laguna Shipstern hasta una línea imaginaria ubicada frente al extremo sur del canal de Bacalar Chico (18 ° 10' N). La zona 7 corre sobre la costa este de BCH y se extiende desde la boca de Bacalar Chico hasta la línea imaginaria de Punta Calentura. Se usó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar la ocurrencia de manatíes en cada zona y temporada del año (nortes: noviembre a febrero; secas: marzo a junio; lluvias: julio a octubre). La prueba de Tukey ( $p = 0.05$ ) fue aplicada cuando se detectó diferencia significativa, para conocer el grado de homogeneidad de cada zona y temporada.

## **Resultados**

Se realizaron 28 censos aéreos sobre la costa de la BCH durante el periodo de agosto de 1990 a julio de 1997. De estos, 16 fueron completos y 12 fueron recorridos parciales, los avistamientos y condiciones generales de los censos se muestran en la Figura 2 y Cuadro 2. El censo completo número 23 se desarrolló en pésimas condiciones climáticas obteniendo un número muy bajo de manatíes. Este es un claro ejemplo del pobre resultado que puede obtenerse al realizar censos en muy malas condiciones, lo que hace que los problemas se acumulen. Este censo no se usó para ningún análisis en este estudio, por lo que se consideraron 15 censos completos y 12 parciales.



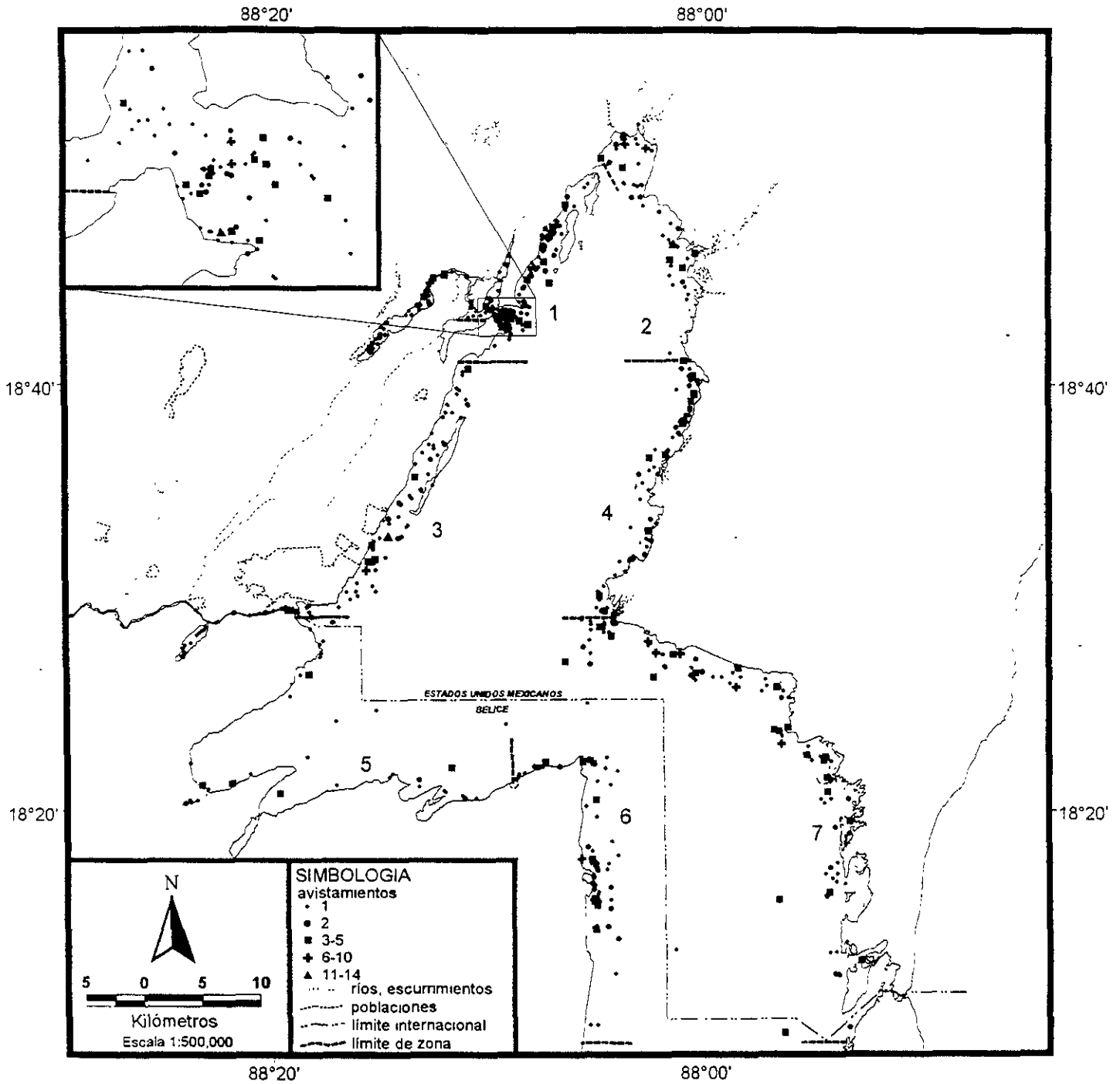


Figura 2. Avistamientos de manatíes registrados en los censos de la BCH de 1990 a 1997. Se muestran también los límites de las zonas en que se dividió la costa de la BCH.

Cuadro 2. Características de los censos de manatíes realizados en la bahía de Chetumal de 1990 a 1997. El censo 23 no se consideró en los análisis debido a las malas condiciones en que se realizó. N: Número total de manatíes contados, DV: Dirección del viento, VV: Velocidad del viento, ND: Dato no disponible.

No. censo	Fecha	Completo	N	Avioneta	DV	VV	Nubes %	Condición
1	10/08/90	No	8	Cessna 182	E-SE	4-7	10-20	Bueno
2	13/08/90	No	6	Cessna 182	SE	4-9	90	Favorable
3	25/10/90	Sí	19	Cessna 182	N-NW	18-20	60-70	Bueno
4	03/11/90	No	14	Cessna 182	E-NE	16-20	80-95	Bueno
5	19/11/90	Sí	20	Cessna 182	E-NE	12-15	ND	Bueno
6	17/03/92	Sí	25	Cessna 182	E	16-18	ND	Bueno
7	02/06/92	Sí	40	Cessna 182	E-SE	12-15	ND	Excelente
8	26/08/92	Sí	37	Cessna 182	E	12-15	40	Excelente
9	03/12/92	Sí	22	Cessna 182	E-NE	12-15	40	Favorable
10	23/02/93	No	36	Cessna 182	E-SE	10-11	ND	Bueno
11	30/04/93	Sí	43	Cessna 182	E	12-15	70	Pobre
12	12/07/93	Sí	65	Cessna 182	E-NE	8-10	60	Excelente
13	13/09/93	Sí	42	Cessna 182	E-SE	12-15	30-60	Bueno
14	06/10/93	No	16	Cessna 182	E	3-5	ND	Bueno
15	09/11/93	Sí	24	Cessna 182	E-NE	10-12	20-30	Favorable
16	31/01/94	Sí	73	Skymaster	W-NW	3-5	30-40	Bueno
17	11/05/94	Sí	40	Cessna 206	E	10-12	ND	Bueno
18	09/06/94	No	20	Cessna 182	E-SE	6-9	ND	Bueno
19	14/01/95	Sí	36	Cessna 206	W-NW	12-15	10-30	Pobre
20	27/03/95	No	19	Cessna 182	E	5-8	ND	Bueno
21	04/07/95	No	41	Cessna 182	E-SE	20-22	ND	Bueno
22	01/09/95	Sí	123	Cessna 206	E-SE	15-16	20	Excelente
23	04/02/96	Sí	9	Cessna 206	N	22-24	80	Muy pobre
24	15/05/97	No	52	Helicóptero	E	12-16	ND	Bueno
25	19/05/97	No	54	Cessna 210	E-SE	18-20	ND	Bueno
26	16/07/97	Sí	43	Cessna 182	E-NE	16-20	60-100	Bueno
27	17/07/97	No	47	Maule MX 7	E-SE	15-16	60	Bueno
28	18/07/97	No	58	Maule MX 7	E	18-20	30	Bueno

Cuadro 3. Categorías de las condiciones y número de censos realizados en cada una. La mayoría de los censos tuvieron condiciones de buenas a excelentes.

Condición	No. de censos
Excelente	4
Bueno	18
Favorable	3
Pobre	2
Muy pobre	1

**Patrón de la abundancia de manatíes.**- Para analizar la fluctuación anual de las abundancias de manatíes, se usaron los datos de los 15 censos completos más los datos de un censo parcial (18/07/1997) (Cuadro 4), que cubrió toda la parte mexicana de la BCH. En este censo parcial se observaron mayor número de manatíes que en el censo completo realizado dos días antes.

Cuadro 4. Número de manatíes contados en 16 censos sobre la bahía de Chetumal, sus Índices de Abundancia Relativa (IAR = manatíes vistos/tiempo del censo) y valores transformados a Log. El tiempo está en decimales.

No. censo (consecutivo)	Fecha	Manatíes	Tiempo	IAR	Log IAR
1	25/10/90	19	1.35	14.074	1.148
2	19/11/90	20	2.22	9.009	0.955
3	17/03/92	25	1.87	13.369	1.126
4	02/06/92	40	2.13	18.779	1.274
5	26/08/92	37	2.13	17.371	1.240
6	03/12/92	22	2.22	9.910	0.996
7	30/04/93	43	2.46	17.480	1.243
8	12/07/93	65	2.26	28.761	1.459
9	13/09/93	42	2.35	17.872	1.252
10	09/11/93	24	2.00	12.000	1.079
11	31/01/94	73	2.23	32.735	1.515
12	11/05/94	40	2.20	18.182	1.260
13	14/01/95	36	2.52	14.286	1.155
14	01/09/95	123	2.91	42.268	1.626
15	16/07/97	43	2.23	19.283	1.285
16	18/07/97	58	2.45	23.673	1.374

El mayor número de manatíes contados en un censo fue de 123 y el mínimo de 19 ( $\bar{X} = 44.4 \pm 26.2$  y coeficiente de variación muestral  $CV = 59.5\%$ ). El IAR más alto fue de 42.3 y el mínimo de 9.01 ( $\bar{X} = 19.32 \pm 8.8$ ,  $CV = 45.5\%$ ). Con el uso de índices, la variabilidad de los datos fue menor. Sin embargo, en ambos casos, los valores de CV muestran alta variación de los conteos entre los censos,

variación que deberá tomarse en cuenta en la interpretación sobre la tendencia de las abundancias obtenidas. Los valores promedio anuales de los IAR muestran una suave tendencia ascendente de los índices de 1990 a 1997 (Figura 3). Sin embargo, estas diferencias en sus intervalos de confianza no son significativas (ANOVA;  $F_s = 1.268$ ,  $p = 0.349$ , g. l. = 15).

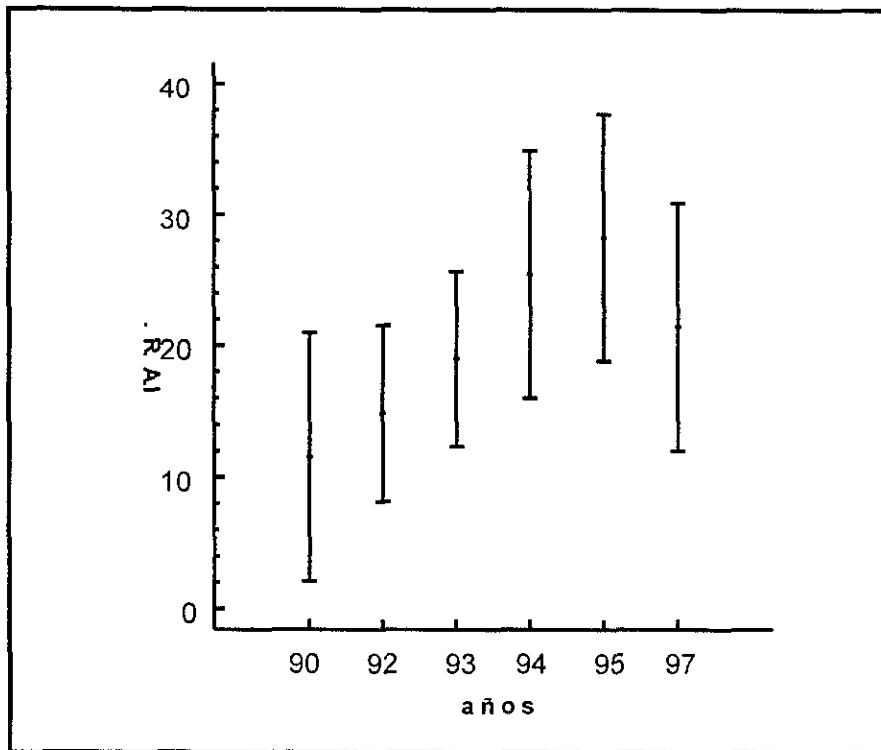


Figura 3. Promedio anual del índice de abundancia relativa (IAR = manatíes contados / tiempo de vuelo) y sus intervalos al 95% de confianza con la prueba de mínima diferencia significativa (LSD test,  $p = 0.05$ ). No se observa diferencia estadística.

La distribución de residuos de esta prueba, mostró que el análisis del modelo podía afinarse al hacer una transformación logarítmica de los datos de IAR. Los datos se transformaron (Cuadro 4) y se obtuvo nuevamente valores no significativos (ANOVA;  $F_s = 1.421$ ,  $p = 0.297$ , g.l = 15).

El análisis exploratorio de estos mismos 16 valores de IAR sobre una secuencia anual suavizada mostró un patrón más estable, con una variación central de 14 a 24 manatíes/hora de censo (Figura 4), y a partir del cuarto censo y hasta el censo número trece la variación central se redujo, manteniéndose entre 16 y 19 manatíes/hora de censo. El primero y último dato no se suavizaron por características propias de la técnica que se usó. Este patrón en las abundancias se manifiesta una vez disminuido el efecto causado por los datos muy variables.

Lo anterior, apunta a que las abundancias anuales de manatíes en BCH se han mantenido en un patrón estable de 1990 a 1997.

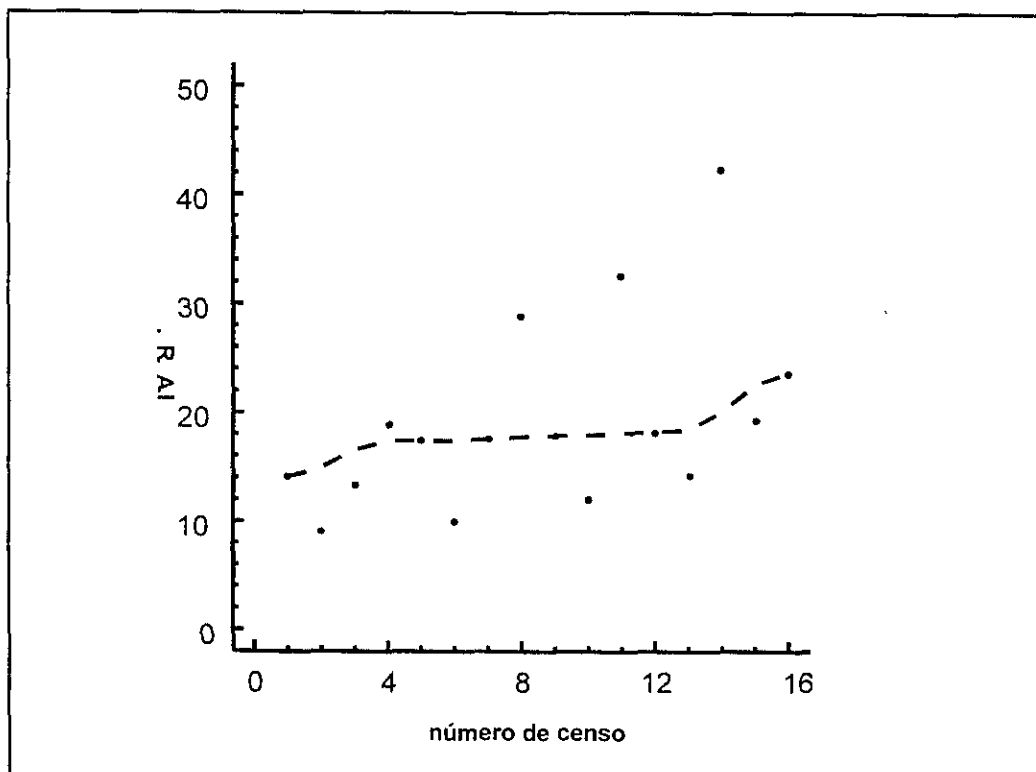


Figura 4. Frecuencia suavizada no lineal resistente (3RSSH) que muestra el patrón central de los valores de abundancia relativa de manatíes observados / hora de esfuerzo de censo (IAR) . El número de censo corresponde al mismo número del Cuadro 4.

**Proporción de crías.** El número de crías registradas en cada censo fue muy variable,  $\bar{X} = 2.85 \pm 2.85$ , CV = 100.0 %. Las crías representaron entre el 0 y 25 % del total de manatíes observados en cada censo (Cuadro 5). El porcentaje promedio de crías fue de 7.9 %. El IAR promedio para n = 25 censos fue de  $\bar{X} = 1.43 \pm 1.17$  crías/hora de censo, CV = 82.0 %. En el periodo de estudio las crías se observaron en diferentes meses del año (Cuadro 6).

Cuadro 5. Número de crías, porcentaje e IAR por censo. El número total de manatíes incluye a las crías. El censo 23 no se consideró por las malas condiciones climáticas. En los censos 14 y 20 no se obtuvo el tiempo correcto de cada censo y no se calculó su IAR. ND: dato no disponible, IAR: Índice de abundancia relativa de crías, crías/tiempo, \*: censos completos.

No. de censo	Fecha de censo	No. de crías	Tiempo censo	IAR	No. total de manatíes	% crías
1	10/08/90	1	1.13	0.88	8	12.5
2	13/08/90	1	1.81	0.55	6	16.7
3 *	25/10/90	0	1.35	0.00	19	0.0
4	03/11/90	1	1.30	0.77	14	7.1
5 *	19/11/90	0	2.22	0.00	20	0.0
6 *	17/03/92	1	1.87	0.53	25	4.0
7 *	02/06/92	2	2.13	0.94	40	5.0
8 *	26/08/92	0	2.13	0.00	37	0.0
9 *	03/12/92	3	2.22	1.35	22	13.6
10	23/02/93	4	1.95	2.05	36	11.1
11 *	30/04/93	7	2.49	3.25	43	16.3
12 *	12/07/93	4	2.26	1.77	65	6.1
13 *	13/09/93	1	2.35	0.43	42	2.4
14	06/10/93	2	ND	ND	16	12.5
15 *	09/11/93	6	2.00	3.5	24	25.0
16 *	31/01/94	3	2.23	1.35	73	4.1
17 *	11/05/94	3	2.20	1.36	41	7.3
18	09/06/94	2	1.16	1.72	20	10.0
19 *	14/01/95	0	2.52	0.00	36	0.0
20	27/03/95	1	ND	ND	19	5.3
21	04/07/95	1	1.16	0.86	41	2.4
22 *	01/09/95	12	2.91	4.12	123	9.7
24	15/05/97	2	1.53	1.31	52	3.8
25	19/05/97	4	1.78	2.25	54	7.4
26 *	16/07/97	2	2.23	0.90	43	4.6
27	17/07/97	6	2.42	2.48	47	12.8
28 *	18/07/97	8	2.45	3.27	58	13.8

tercera en el extremo suroeste de la BCH que comprende toda la zona 5. Las posibles razones de esto se analizan en la sección de discusión.

Para conocer si estas diferencias en la distribución espacial de los manatíes eran debidas al azar ( $H_0 = \mu_1 = \mu_2$ ), se usaron los valores de manatíes transformados a log IAR (número de manatíes vistos por temporada y por zona/ número de censos realizados por temporada), agrupando los datos en temporada de nortes, secas y lluvias (Cuadro 7). La prueba dio valores no significativos entre temporadas (ANOVA;  $F_s = 2.371$ ,  $p = 0.135$ , g.l. = 2), y significativos entre zonas (ANOVA;  $F_s = 3.431$ ,  $p = 0.033$ , g.l. = 6). Con la prueba de Tukey ( $p = 0.05$ ), se hizo una comparación no planeada de medias, confirmándose que la zona 1 fue significativamente de mayor uso que la zona 5. Al hacer esta misma prueba con los datos no agrupados por promedio, se observaron otras diferencias significativas; además de la ya expuesta: la zona 1 fue de mayor uso que la zona 2 y 3; la zona 2 mostró diferencia con la zona 7 y la zona 5 con las zonas 6 y 7.

Cuadro 7. Valores de logaritmo del índice de abundancia relativa (IAR) de manatíes en los 15 censos completos en BCH. El IAR se calculó dividiendo el número de manatíes por temporada por zona ( $N$ ) sobre el número de censos realizados en la temporada. Los meses que abarca cada temporada son: Nortes (noviembre a febrero), Secas (marzo a junio) y Lluvias (julio a octubre).

Zonas	Nortes (5 censos)		Secas (4 censos)		Lluvias (6 censos)	
	$N$	Log IAR	$N$	Log IAR	$N$	Log IAR
<b>01</b>	37	0.869	39	0.989	86	1.156
<b>02</b>	5	0	22	0.740	21	0.544
<b>03</b>	19	0.580	13	0.512	41	0.835
<b>04</b>	34	0.832	21	0.720	24	0.602
<b>05</b>	9	0.255	6	0.176	25	0.620
<b>06</b>	40	0.903	12	0.477	44	0.865
<b>07</b>	20	0.602	28	0.845	74	1.091

**Distribución de hembras con crías.-** Hay varias áreas de costa de la BCH con presencia de hembras con cría (Figura 6), pero la zona 1 registró la mayor frecuencia de observación del par hembra – cría en 7 de 16 censos (44.0 %) acumulando 13 pares, seguida de las zonas 7 y 4 con 8 pares hembra – cría cada una. La zona 5 fue la de menor frecuencia con 13.0 % acumulando sólo dos pares hembra – cría (Cuadro 8).

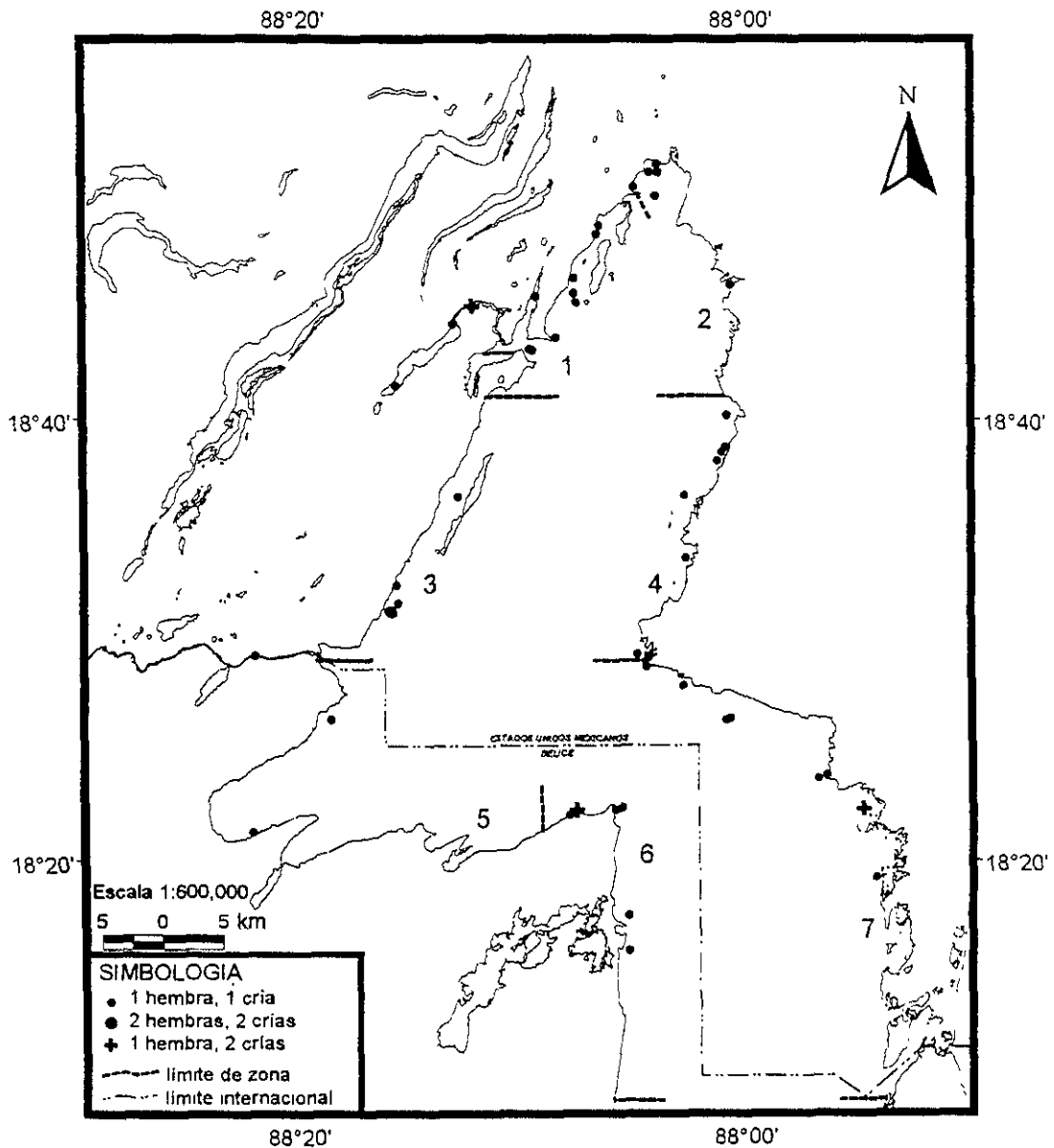


Figura 6. Ubicación de hembras con cría registradas en los censos completos.



Cuadro 8. Datos de pares hembra/cría (H/C) por zonas. El asterisco (\*) indica que uno de los registros corresponde a una hembra con dos crías. DS: desviación estándar. CV: coeficiente de variación.

Zona	No. total de censos	No. censos con crías	% censos con crías	Número H/C	Media H/C por censo	DS	CV
1	16	7	43.7	13*	0.81	1.33	163.4
2	16	3	18.7	6	0.37	0.88	236.0
3	16	3	18.7	5	0.31	0.79	253.8
4	16	5	31.2	8	0.50	0.82	163.3
5	15	2	13.3	2	0.13	0.35	263.9
6	15	3	20.0	6*	0.40	0.91	227.6
7	16	6	37.5	8*	0.50	0.73	146.1

Al hacer el análisis de hembra - cría contadas por censo para cada zona, se obtuvieron medias con valores bajos, influenciados por la gran cantidad de valores cero (no registros de hembra - cría). Además, la gran variación en los valores dificultó poder observar algún patrón en los datos y distinguir posibles diferencias entre zonas (ANOVA;  $F_s = 0.932$ ,  $p = 0.475$ ).

El registro de pares hembra - cría en las temporadas de nortes, secas y lluvias, tuvieron valores de frecuencia de observación muy cercanos entre temporadas (Cuadro 9), sin reflejar alguna tendencia.

Cuadro 9. Datos de pares hembra/cría (H/C) por temporada. El asterisco (\*) indica que uno de los registros corresponde a una hembra con dos crías. DS: una desviación estándar. CV: coeficiente de variación.

Temporada	No. total de censos	No. censos con crías	% censos con crías	H/C	Media H/C por censo	DS	CV
Norte	5	3	60.0	11*	2.20	2.17	98.6
Secas	4	3	75.0	12*	2.75	2.50	91.0
Lluvias	7	5	71.4	25*	3.71	4.42	119.1

Nuevamente se observó alta variación en los datos, dificultando el poder detectar la posible existencia de alguna diferencia entre temporadas (ANOVA;  $F_s=0.624$ ,  $p = 0.538$ ).

**Presencia de crías gemelas.**- En tres ocasiones se observó a una hembra acompañada de dos crías (Figura 6), uno de estos casos fue de una hembra con dos crías pequeñas y de tamaño similar, ambas nadaban muy cerca de la hembra y no había cerca otros manatíes. Los otros dos casos fueron de hembras acompañadas por dos crías de diferente tamaño.

## Discusión

**Estimación de sesgo de muestreo.** Los censos aéreos han sido la base desde 1976 para documentar la distribución y la abundancia relativa de la población de manatíes existente en Florida (O'Shea y Ackerman 1995). Sin embargo, los censos presentan importantes limitaciones para obtener estimaciones precisas del tamaño de la población (Lefebvre *et al.*, 1995). Los manatíes son difíciles de detectar por lo que los conteos normalmente tienden a ser bajos en número (Ackerman 1995). Al menos 3 tipos de errores se presentan en los conteos con uso de censos aéreos: 1) *Error de percepción* o del observador; al no ver los manatíes potencialmente visibles al observador (Marsh y Sinclair 1989). 2) *Error de disponibilidad*, son los manatíes presentes en el área de censo pero no visibles al observador por agua turbia, vegetación, conducta y otras causas (Marsh y Sinclair 1989). 3) *Error de ausencia*, que es la proporción de manatíes no presentes en el área recorrida del censo (Lefebvre *et al.*, 1995).

Resulta lógico esperar que el error de percepción va disminuyendo a medida que los observadores van ganando experiencia, por lo que en este estudio se cuidó que participara al menos un mismo observador en todos los censos y que los pilotos fueran los mismos. En 1990 nadie del equipo tenía experiencia en este tipo de censos, por lo que es razonable suponer que esta poca experiencia sea la principal causa de que los primeros censos de 1990 tuvieron menor número de registros que los censos en años posteriores, cuando el personal contaba con mayor experiencia (Cuadro 4).

El error de disponibilidad es difícil de corregir, depende del lugar, de las condiciones ambientales en el momento de hacer el censo y de la conducta del manatí (Lefebvre *et al.*, 1995). Una forma de disminuir este error es aplicando el método de esfuerzo variable de recuento (Lefebvre y Kochman 1991), usado comúnmente en Florida. Este método da buenos resultados, sobretodo en áreas con presencia de agua turbia como mencionan Lefebvre y Kochman (1991).

Otra forma de estimar este error sería al aplicar el método de recuento de unidades, que consiste en estratificar la zona de interés en diferentes unidades de censado y estratos, aplicando diferente intensidad de esfuerzo de observación entre estratos, pero manteniendo consistencia entre ellos (Lefebvre *et al.*, 1995).

En las costas de la BCH, el área que frecuentemente tuvo agua turbia fue la zona 5 (Figura 1). Como una forma robusta de estimar el error de disponibilidad que se presentó en la zona 5 y suponiendo que los otros dos tipos de error se mantuvieron constantes, se compararon los promedios obtenidos en las zonas 3 y 6, aledañas a la zona 5 y con mejor visibilidad. El valor promedio del IAR de manatíes de la zona 5 fue menor en un 55.0 a 60.0 % de los valores obtenidos

para las zonas 3 y 6, respectivamente. Esta estimación permite tener un factor de corrección por error de disponibilidad para la zona 5 de 40 a 45 % del IAR obtenido, factor que deberá agregarse en futuros censos en esta zona con problemas de agua turbia.

Para disminuir el error de ausencia, se usaron sólo los censos que incluyeron toda la costa de BCH. A pesar de esto, el error se presentó sobre tramos con problemas temporales de bajo nivel de agua, causado por los vientos del norte. La transparencia del agua, dificultó estimar la profundidad real de estos tramos durante el censo, los cuales al parecer, resultaron ser someros ocasionalmente para permitir la presencia de manatíes. El análisis de los datos mostró que este tipo de error se presentó en algunas secciones de la zona 2 (Figura 2) durante las temporadas de nortes. Olivera en 1999 realizó varios censos a diferentes distancias y paralelos a la costa en esta área de BCH, como parte de su tesis doctoral, por lo que este error causado por cambio temporal en el nivel del agua podrá ser estimado en poco tiempo (Olivera, en preparación).

**Patrón de la abundancia de manatíes en BCH.-** Las fluctuaciones en el número de manatíes contados por censo agrupados en diferentes años, no reflejan un incremento real en la abundancia relativa de los manatíes de la BCH de 1990 a 1997. Esta conclusión debe ser vista con precaución; el número relativamente bajo de censos distribuidos en un largo periodo de tiempo (8 años, Cuadro 4), crea serias dificultades para poder detectar cambios menores en la abundancia de manatíes. Por lo tanto, existe la posibilidad de que se esté incurriendo en un error tipo II en nuestra prueba, al dar por cierto que los cambios en el número de manatíes censados en diferentes años se deban al azar y de

hecho, se debe a que la abundancia anual está cambiando. La gran variación en el número de manatíes contados entre censo y censo (CV = 59.5 %) dificulta aún más poder hacer una conclusión mayor. Los datos no muestran un incremento real, pero al mismo tiempo, tampoco plantean una posible estabilidad. Un intento de buscar un patrón central de esta abundancia se muestra en la Figura 3, con el análisis de los valores de IAR suavizados, que al descomponer la secuencia original de los datos en dos secuencias: una suave y estructurada y la otra ruidosa o rugosa (muy variable), permite apreciar la existencia de un patrón central en algunos de los valores, patrón que se mostró muy estable en 11 de 16 censos. Con este último análisis, por el momento, es posible mantener una postura precautoria y suponer que la abundancia de manatíes en la BCH se ha mantenido estable en este periodo de tiempo. Es recomendable que para detectar mejor los cambios en la tendencia de la abundancia de manatíes, se realice el mayor número de censos posibles en periodos de tiempo más reducidos, es decir, hacer series de censos.

**Proporción de crías.** El porcentaje global obtenido en este estudio (7.9 %) es muy cercano al valor global (7.4 %) obtenido en los tres censos sobre toda la zona costera de Belice y BCH realizados en 1994 y 1995 (Capítulo 3e), también es cercano al valor de 8.9 % obtenido en Belice por Bengtson y Magor (1979) y está por abajo del valor de 10.6 % obtenido por O'Shea y Salisbury (1991) en sus censos estratificados sobre la costa de Belice, y que incluyeron sólo áreas de alta densidad de manatíes. Como se discute en el capítulo 3e de esta tesis, el conteo de crías es difícil incluso en las mejores condiciones, por lo que las diferencias entre estos valores de 7.4 % a 10.6 % no es muy grande. En Florida, las crías

representan valores que van de 8.2 % (Rathbun *et al.*, 1990), 8.7 % (Ackerman 1995) hasta 10.3 % en áreas invernales de alta agregación de manatíes (Reynolds y Wilcox 1986). El valor de crías obtenido parece ser adecuado para mantener a la subpoblación de manatíes de la BCH en un nivel sano de reclutamiento.

**Partos.** La presencia de crías en diferentes meses del periodo de estudio no refleja la existencia de una temporalidad en los partos (Cuadro 6 ). Para Florida, se informa de la existencia de una temporalidad en los partos. En el área de Big Bend, costa oeste de Florida, Rathbun *et al.* (1995), observaron un pico en los partos durante los meses de primavera, también se basan en la presencia de cadáveres de crías neonatales, con un pico de febrero a mayo. En St. Johns River, costa este de Florida, O'Shea y Hartley (1995) de 57 crías identificadas durante 15 años de estudio, no observaron nacimientos en los meses de noviembre a enero con un sólo parto en febrero. De 22 nacimientos producidos por 18 hembras marcadas con transmisores, ocurrieron cinco entre mayo y septiembre (Reid *et al.*, 1995). Un estudio histológico, sobre la presencia de espermatogénesis en 68 cadáveres de manatíes marcados de Florida, dejó ver que este proceso no es continuo todo el año, registrándose en el 93.0 % de la muestra de machos adultos en los meses de marzo a noviembre (Hernández *et al.*, 1995).

Para ambas áreas de distribución, BCH - Florida, existen diferencias ambientales que pueden estar influyendo en la existencia o no de una temporalidad en el periodo de nacimientos. Las aguas de baja temperatura, menor a 20 ° C, son una variable ambiental que influye fuertemente en los procesos metabólicos en los manatíes (Irvine 1983). En la BCH, la temperatura del agua no

es un factor limitante (Axis *et al.*, 1998), contrario a lo informado para Florida, donde las bajas temperaturas del agua en los meses de invierno son una de las causas de muerte natural de manatíes (Ackerman *et al.*, 1995). En el refugio invernal de Kings Bay, Florida, las hembras con cría pasan más tiempo en estos refugios que los machos o hembras no reproductoras (Rathbun *et al.*, 1990).

**Gemelos.** La observación en la BCH de los probables gemelos, ocurrió el 30 de abril de 1993, en este censo aéreo, se vio a una hembra con dos crías pequeñas nadando junto a ella y sin otro manatí adulto en los alrededores. Esto representa el 1.3 % del total de crías contadas en la BCH. Está comprobado que los partos gemelares en manatíes ocurren tanto en cautiverio (Uchida, 1991), como en vida libre 1.4 % (Rathbun *et al.*, 1995). En Florida, de 161 cadáveres de hembras adultas recolectados en 10 años, dos de ellas (1.2 %) contenían gemelos (Rathbun *et al.*, 1995). En la costa este de Florida, en St Johns River se informa de un porcentaje de 1.8 % (O'Shea y Hartley 1995). Marmontel (1995) en Florida, encontró que el 4.0 % de su muestra de cadáveres de manatíes hembras preñadas presentaron gemelos. Este mayor porcentaje comparado al obtenido en vida libre, lo explica porque una o ambas crías pueden morir antes de nacer o durante el parto.

**Grupos.** Los avistamientos de manatíes solitarios fueron más frecuentes (61.4 %) que los de grupos (38.6 %), con un tamaño promedio de avistamiento de  $\bar{X} = 1.8 \pm 1.6$ . Aunque la frecuencia de observar manatíes solos fue mayor (Figura 5), el 65.8 % (690) del total de manatíes contados (1048) estaban en grupos; los grupos de 2 a 4 manatíes fueron los más frecuentes. En otras palabras, el 80 % de

los manatíes observados estaban solos o en grupos de 2 a 4 manatíes (Figura 5), lo que indica que los manatíes en la BCH son semi-sociales.

Los datos sobre tamaño de grupo obtenidos en el Capítulo 3e de esta tesis, también muestran esta conducta semi-social de los manatíes en Belice. La frecuencia de avistamientos de manatíes solitarios fue 62.8%, pero de los 644 manatíes contados, el 88% estaban solos o en grupos de 2 a 5 manatíes.

Esta tendencia en la conducta de los manatíes de preferir estar en pequeños grupos también se presenta en Florida en las áreas fuera de los refugios invernales. Hartman (1979) sugiere que los manatíes en Florida son esencialmente solitarios, basado en información de manatíes marcados, pero los datos de censos aéreos indican lo contrario. El mayor número de manatíes censados por Hartman (1979) estaban en grupos de 2 a 10 manatíes. Irvine *et al.* (1982), censó la costa oeste de Florida y observó que el 94 % de sus grupos estaban formados por 1 a 4 manatíes. En una colonia semi-aislada de manatíes en Blue Lagoon, Florida y haciendo sus registros desde costa y canoa, Reynolds . (1981) obtuvo que el 68.2% de sus registros fueron de manatíes en grupos de 2 a 8 , concluyendo que los manatíes tienden a ser vistos en grupos.

**Distribución espacial y zonas de uso frecuente.** En la BCH, los manatíes están presentes en la mayor parte de su zona costera en las diferentes épocas del año. La suma de las frecuencias de uso de las 7 zonas demuestra que hay un uso diferencial de la zona costera por parte de los manatíes. La zona 1 fue la más utilizada en diferentes épocas y años (Figura 1); esta zona presenta mayor diversidad de ambientes que las otras zonas, con diferentes grados de salinidad del agua, profundidad, vegetación acuática y resguardo de los vientos. La segunda



área costera de importancia fue la zona 7, seguida por las zonas 6, 4 y 3. Estas cuatro zonas, en general, presentan características similares entre ellas. Las zonas más bajas en abundancia de manatíes fueron las zonas 5 y 2. Recordemos que la zona 5 presentó problemas de agua turbia durante los censos, aumentando el error de disponibilidad. En consecuencia, es difícil saber si realmente es menos frecuentada por los manatíes. El problema en la zona 2 fue el nivel del agua, lo que hizo que la cobertura del censo incluyera zonas muy someras, incrementando el error de ausencia. Una forma de disminuir y estimar este error es hacer varios transectos perpendiculares o diagonales a la costa en esta área y evaluar el grado de variación de manatíes en diferentes profundidades.

Las hembras con cría, aparentemente no muestran preferencia por alguna de las zonas costeras de la BCH. Posiblemente lo que buscan para tener a sus crías son zonas someras, protegidas y de baja salinidad, características que se presentan en diferentes áreas de la BCH.

## **Agradecimientos**

Expreso mi agradecimiento a los colegas David Olivera Gómez y Alejandro Ortega Argueta por su participación en los censos. A los pilotos Sergio Vargas, José Luis Mendoza, a los pilotos de la organización Light Hawk y de la Armada de México por su eficiencia y seguridad en los vuelos. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su importante apoyo al proyecto N9301-2017. Por último, agradezco a Janneth Padilla Saldivar su cuidadosa atención para el desarrollo de las figuras, cuadros y comentarios generales al texto.

## Referencias

- Ackerman, B. B., 1995. Aerial surveys of manatees: a summary and progress report. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 13-33.
- Axis A., J., Morales V., B., Torruco G., D., Vega C., M. E., 1998. Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). Rev. Biol. Trop. 46: 791-803.
- Bengtson, J.L., Magor, D., 1979. A survey of manatees in Belize. J. Mammal. 60:230 – 232.
- Hartman, D. S., 1979. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. Special publication No. 5. The American Society of Mammalogists, 153 pp.
- Hernández P., Reynolds, J. E., III, Marsh, H., Marmontel, M., 1995. Age and seasonality in spermatogenesis of Florida manatee. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 84-97.
- Irvine A. B., Caffin, J. E., Kochman, H.I., 1982. Aerial surveys for manatees and dolphins in Western Peninsular Florida. Fishery Bulletin. 80 (3):6211-630
- Irvine, A. B., 1983. Manatee metabolism and its influence on distribution in Florida. Biological Conservation 25:315-334.
- Lefebvre, L. W., Kochman, H. I., 1991. An evaluation of aerial survey replicate count methodology to determine trends in manatee abundance. Wildl. Soc. Bull. 19:298-309.
- Lefebvre, L. W., Ackerman, B. B., Portier, K. M., Pollock, K. H., 1995. Aerial surveys as a technique for estimating trends in manatee population size: problems and prospects. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 63-74.
- Marmontel, M., 1995. Age and reproduction in female Florida manatees. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 98-119.
- Marsh, H., Sinclair, D. F., 1989. An experimental evaluation of dugong and sea turtle aerial survey techniques. Aust. Wildl. Res. 16:639-650.
- Morales V., B., Olivera G., D., 1994. Distribución espacial y estimación poblacional de los manatíes en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Rev. Inv. Cient. Univ. Autón. B.C.S. Ser. Ciencias del Mar 2 (No. especial SOMEMMA 2):27-32.
- Morales V., B., Olivera G., D., Ramírez G., P., 1996. Conservación de los manatíes en la región del Caribe de México y Belice. Reporte Técnico No. MM-01, 131 pp. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, ref. N9301-2017. U.S. Marine Mammal Commission Contract T10155657.

- Morales V., B., Olivera G., D., Reynolds, J. E., III, Rathbun, G. B., 2000. Distribution and habitat use by manatees *Trichechus manatus manatus* in Belize and Chetumal Bay, Mexico. *Biological Conservation* 95:67-75
- Mou S., L., Chen, H. D., Bonde, R. K., O'Shea, T. J., 1990. Distribution and status of manatees (*Trichechus manatus*) in Panama. *Mar. Mamm. Sci.* 6:234-241.
- Olivera G., D., en preparación. Factores que regulan la distribución y abundancia del manatí del Caribe (*Trichechus manatus manatus*) en el norte de la Bahía de Chetumal, México. Proyecto de tesis doctoral. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B. C., México.
- O'Shea, T. J., Correa, M., Ludlow, M. E., Robinson, J. G., 1988. Distribution, status, and traditional significance of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*) in Venezuela. *Biological Conservation* 46:281-301.
- O'Shea, T.J., Salisbury, C. A., 1991. Belize, a last stronghold for manatees in the Caribbean. *Oryx* 25:156-164.
- O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., 1995. Population biology of the Florida manatee: an overview. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service*, pp. 280-287.
- O'Shea, T. J., Hartley W. C., 1995. Reproduction and early-age survival of manatees at Blue Spring, Upper St. Johns River, Florida. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service*, pp. 157-170.
- Rathbun, G. B., Reid, J. P., Carowan, G., 1990. Distribution and movement patterns of manatees (*Trichechus manatus*) in northwestern peninsular Florida. *Florida Marine Research Publications* 48: 1-33. Florida Marine Research Institute.
- Rathbun, G. B., Reid, J. P., Bonde, R. K., Powell, J. A., 1995. Reproduction in free-ranging Florida manatees. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service*, pp. 135-156.
- Reid, J. P., Bonde, R. K., O'Shea, T. J., 1995. Reproduction and mortality of radio-tagged and recognizable manatees on the Atlantic coast of Florida. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service*, pp. 171-191.
- Reynolds III, J. E., 1981. Aspects of the social behaviour and herd structure of a semi-isolated colony of West Indian manatees, *Trichechus manatus*. *Mammalia* 45:431-451.
- Reynolds III, J.E., Wilcox, J. R., 1986. Distribution and abundance of the West Indian manatee around selected Florida power plants following winter cold fronts:1984-1985. *Biological Conservation* 38:103-113.
- Salgado U., I. H., 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Marc Ediciones. ENEP Zaragoza, UNAM. México, 243 pp.

Uchida, S., 1991. Research on sirenians and the role of aquaria for its reproduction and health care in captivity. Ibi Reports No. 2. International Marine Biological Research Institute. Kamogawa, Japan.

### **3d. Distribución, movimientos y reproducción de manatíes radio – marcados en la bahía de Chetumal, México**

**Benjamín Morales V.<sup>1</sup>, Alejandro Ortega A.<sup>1</sup>, Janneth Padilla S.<sup>1</sup> y Robert K. Bonde<sup>2</sup>**

1. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. Carretera Chetumal-Bacalar, Zona Industrial No. 2. Apartado Postal 424. Chetumal, Quintana Roo. 77000. MEXICO

2. U.S. Geological Survey. Sirenia Project, 412 NE 16th Avenue, Room 250. Gainesville, Florida. 32601-3701. USA

#### **Resumen**

Ocho transmisores fueron colocados en siete manatíes (5 hembras y 2 machos) capturados en la bahía de Chetumal (BCH) de noviembre de 1994 a mayo de 1997. Se usaron siete transmisores VHF y uno UHF. Los seguimientos de manatíes se hicieron principalmente en lancha desde su captura hasta julio de 1999. Los radios VHF tuvieron una duración promedio de  $446 \pm 386$  días, variación de 1 a 1002 días, el radio UHF duró 73 días. El tiempo máximo que permaneció marcado un manatí fue 1698 días. Los manatíes mostraron tendencia a usar frecuentemente las aguas costeras de 1 a 4 m de profundidad, las aguas de la parte media de BCH, al parecer, son usadas básicamente para traslado. El nivel de desplazamiento en las hembras fue variable y difícil de estimar, pero en general fue bajo. En contraste, un macho en su nivel más bajo de actividad, se desplazó un promedio diario de  $4.1 \pm 3.2$  km en 9 días. Las hembras mostraron alto grado de fidelidad, nunca salieron de la BCH, incluso algunas usaron solo un sector de la bahía. Las tallas de las hembras que tuvieron cría fueron 280, 300 y 301 cm, el periodo de gestación en una hembra se estimó de 14 a 15 meses. El índice promedio de nacimientos en dos hembras fue de  $0.33 \pm 0.17$  crías/año, variación de 0.21 a 0.45. El tiempo de cuidado maternal para una cría fue calculado en al menos 8 meses.

## Introducción

La bahía de Chetumal (BCH), es la zona más importante de presencia de manatíes en Quintana Roo, México (Ceballos y Barón 1996).

(Capítulo 3c). Recientemente, fue decretada como área natural protegida para la conservación del manatí, con dos decretos de protección: el primero en su porción norte realizado por México en 1996 (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo 1996) y el segundo, en su porción sur realizado por Belice en 1998 (Statutory Instrument 1998). Ambos decretos protegen toda la BCH y una importante área de humedales sumando aproximadamente 353,258 has.

El conocimiento de la conducta individual de las especies, permite entender mejor cómo las poblaciones responden a disturbios de su hábitat, además, proveen información relevante sobre sus rangos de movimientos, periodos de reproducción y conducta social, factores que influyen en los censos poblacionales. Estos patrones individuales de movimiento, juegan un papel importante en el diseño y manejo de las reservas (Caro 1999).

El objetivo central de este estudio es obtener información detallada de los patrones de desplazamientos individuales, uso de hábitat y permanencia de manatíes marcados en la BCH. También pretende obtener los primeros datos en México sobre el nivel de fidelidad de los manatíes a determinada área y de algunos aspectos de la biología de esta especie.

En México no existen antecedentes previos sobre el uso de telemetría para el seguimiento de manatíes, por lo que este estudio permitirá evaluar el

grado de aplicación de esta tecnología, la dinámica de trabajo de campo requerido y los niveles de eficiencia posibles de alcanzar para las condiciones ambientales, operativas y de campo existentes en Quintana Roo. También se evaluará el uso de dos diferentes tipos de transmisores.

## **Métodos**

**Área de estudio.** La BCH se ubica en el extremo sur del estado de Quintana Roo, se extiende aproximadamente desde los 17°52' a los 18°50' N y de los 87°50' a los 88°25' W. Es un amplio estuario de aproximadamente 2450 km<sup>2</sup> incluyendo el área de Belice, y constituye el principal cuerpo de agua costera de Quintana Roo. Su longitud máxima es de 110 km, con un ancho predominante de 20 km, con un mínimo de 5 km en su extremo norte y un máximo de 49 km en su parte media (Figura 1). Presenta numerosos aportes de agua dulce, en su parte sur desemboca el río Hondo (frontera con Belice) y el río Nuevo en Belice; en su parte noroeste desemboca la laguna Guerrero, la cual a su vez, se alimenta de las lagunas Bacalar, Chile Verde y Agua Salada. En sus riberas norte y este, la bahía recibe agua dulce de varios arroyos de diferentes tamaños, los más importantes son el llamado río Crik en su extremo norte y Siete Esteros en su costa noreste, ambos forman extensos humedales de varias decenas de km<sup>2</sup> de escurrimiento de agua de lluvia hacia la bahía. En la costa sur, en la parte de Belice, existen otros importantes escurrimientos a lo largo de los 50 km de costa.

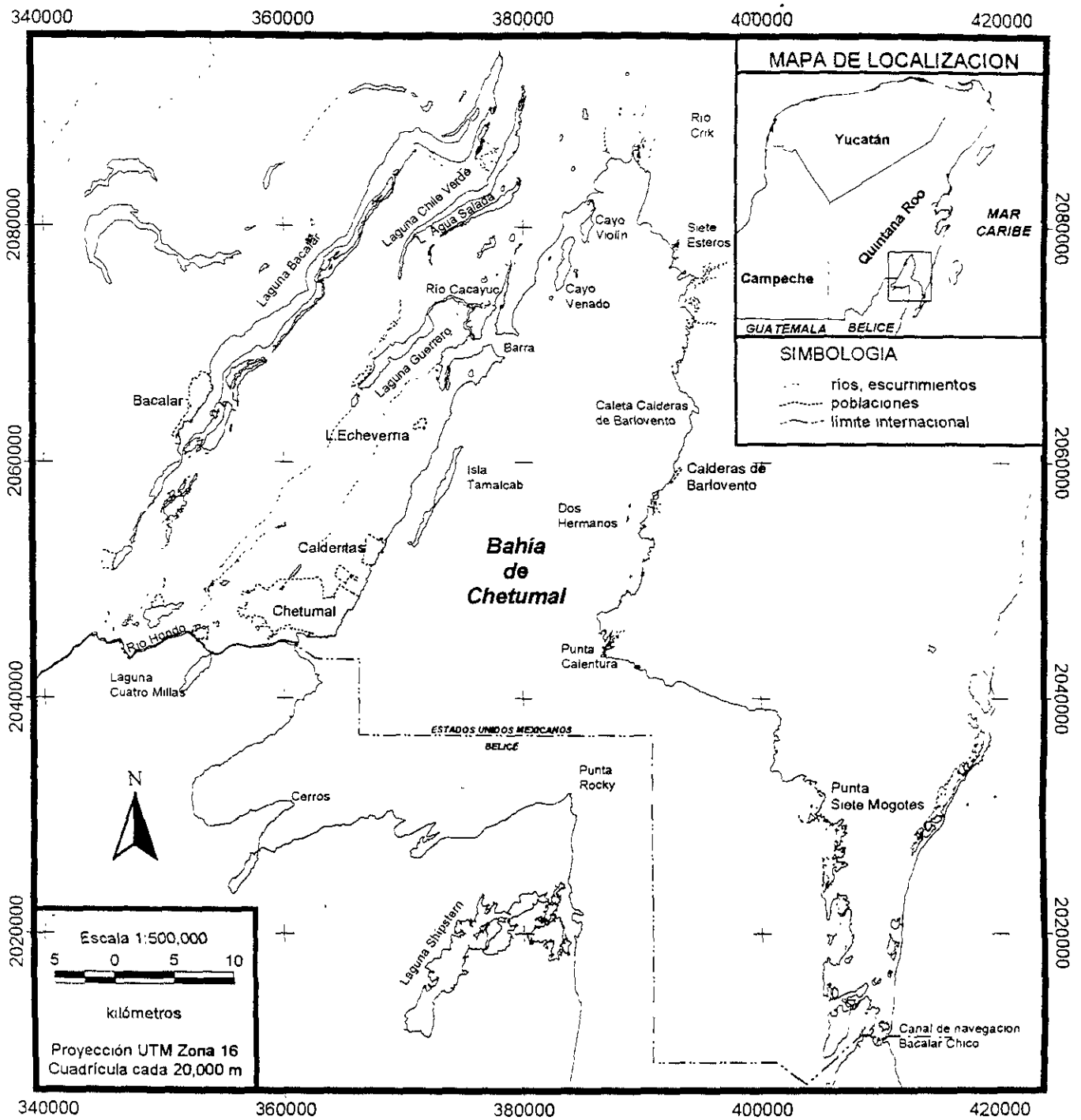


Figura 1. Area de estudio.



La profundidad promedio de la BCH es de 3.0 m  $\pm$  1.3, con profundidades de 4 a 7 m en la parte central y de 2.0 a 2.5 m en la parte sur (Morales *et al.*, 1996). La temperatura del agua en superficie y fondo son similares, sus valores promedio mensuales varían de 24.5° C en enero a 31° C en agosto; en este último mes, la temperatura máxima de superficie alcanza los 38° C (Morales *et al.*, 1996). La vegetación acuática dominante en BCH incluye *Bathopora sp.*, *Chara sp.*, *Najas marina*, *Ruppia maritima*, *Halodule wrightii* y *Thalassia testudinum* y un importante número de algas filamentosas (Espinoza 1996; Morales *et al.*, 1996). La salinidad promedio varía de 7.0 ppm en enero a 18.5 ppm en julio, con una distribución espacial que va de mayor a menor salinidad conforme se avanza al interior de la BCH. Las corrientes tienen una velocidad promedio anual de 0.087 m/s  $\pm$  0.089 y una dirección promedio anual de 182°  $\pm$  81 (SW – S – SE) (Morales *et al.*, 1996).

**Radio-marcaje.**- El uso de telemetría para el estudio de manatíes en vida libre se inició en 1978 con la población de Florida (Rathbun *et al.*, 1990). Este método se ha usado principalmente para determinar movimientos, uso de hábitat (O'Shea y Kochman 1990), reproducción, supervivencia y mortandad (O'Shea y Langtimm 1995; Rathbun *et al.*, 1995; Reid *et al.*, 1995).

El sistema de transmisión se diseñó y fabricó específicamente para manatíes por personal del Servicio Biológico Nacional de Estados Unidos (Figura 2). El sistema de marcaje consiste básicamente de un transmisor de tipo VHF, cuyo alcance máximo calculado para un estado del mar de 1 a 3 (Beaufort) es de alrededor de 5 – 6 km desde lancha y desde avioneta a 150 -200 m de altura

alcanza 10 a 11 km. El transmisor se introduce en un tubo de PVC que funciona como cápsula de flotación. La cápsula se une a un cinturón mediante una varilla de nylon semi-rígida. El cinturón se diseñó para colocarse en el pedúnculo del manatí y está cubierto de manguera látex, que impide que se dañe la piel del manatí. La varilla de nylon tiene una perforación en un extremo que sirve como punto de seguridad, para facilitar que la varilla se rompa con un coletazo en caso de que el animal se atore; el grosor de los orificios se ajusta al tamaño y fortaleza del manatí. Los tornillos y las tuercas con los que están hechas las uniones del cinturón, tienen un período de vida cercano a 2.5 años, al final de éste período, el cinturón se desprende del animal. Una descripción más detallada se puede consultar en Rathbun *et al.* (1990).

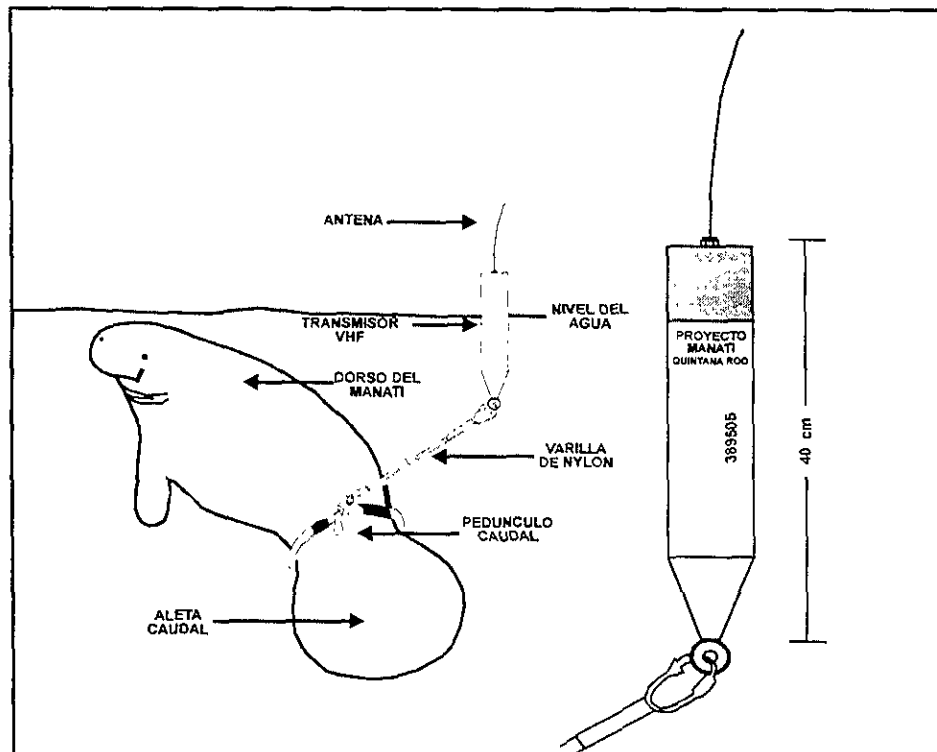


Figura 2. Esquema del sistema de radiotransmisor colocado en el manatí (modificado de Rathbun *et al.*, 1990).

**Transmisores.** Se usaron siete transmisores de frecuencia muy alta (VHF) con frecuencia única ubicada en el rango de 164 a 165 MHz y un transmisor flotante de monitoreo por satélite (platform transmitter terminal, PTT) de frecuencia ultra alta (UHF).

**Receptores.** Se utilizaron receptores portátiles VHF TR-02 y TR-04 Telonics para frecuencias entre 164 y 166 MHz, antenas portátiles en "H" RA-2A direccionales Telonics y un atenuador de señal. La señal del transmisor tipo PTT fue procesada por el servicio Argos Inc., que incluye la identificación del radio, fecha, hora de recepción de la señal, latitud, longitud y código de precisión. La mejor precisión tiene una desviación estándar de 150 m (Reid *et al.*, 1995).

**Captura de manatíes.** En México sólo hay un antecedente de capturas reglamentadas de manatíes para investigación (Lluch 1965), en el cual se usaron redes tipo chinchorro en pequeñas lagunas o pozas de agua turbia. En este estudio, se ensayaron dos métodos diferentes: a) en el primero se usó una red de mano "tipo mariposa" para capturar animales en áreas abiertas, este método fue desarrollada por el Dr. Galen Rathbun para capturar dugones en Australia, b) el segundo método fue usando una red de 50 m de largo hecha especialmente para manatíes, la cual solo se usó en algunos canales donde podía ser efectiva debido a su reducida longitud. Ambos métodos fallaron; la conducta de escape del manatí resultó ser diferente a la de los dugones, pues, al momento de sentir la red de mano en su rostro ellos giraban y cambiaban la dirección de su nado con asombrosa rapidez, a diferencia de los dugones que mantienen el mismo rumbo de nado, además de tener menor fortaleza que los

manatíes (Galen B. Rathbun, com. pers.). Por otra parte, no se encontraron manatíes en los canales y por lo tanto la red de 50 m fue de poca utilidad.

Al final, se usó un método tradicional utilizado por los pescadores locales, combinado con uso de avioneta, mapas y materiales de captura poco agresivos para los manatíes. Este método tuvo las siguientes características: personal familiarizado con el área hacen un reconocimiento en avioneta, con el fin de facilitar la ubicación de los manatíes presentes en la zona de captura seleccionada. Al mismo tiempo, dos o tres lanchas esperan en un punto cercano a dicha zona. Al final del recorrido aéreo, la persona responsable en la avioneta arroja una botella de plástico lastrada conteniendo un mapa de la zona con la ubicación y características de los grupos de manatíes presentes. Se escoge al grupo más apropiado y las lanchas se dirigen a este grupo, se selecciona un manatí y se le persigue de manera gentil pero constantemente para cansarlo, lo que lo obliga a sacar con mayor frecuencia y tiempo su cabeza para respirar, esto da tiempo para colocar una cuerda de algodón sobre su rostro, ayudados con un tubo de aluminio de 3 m de largo y una horqueta. El manatí, al sentir la cuerda, en ocasiones gira sobre su eje, quedando poco a poco enredado. Finalmente, uno o dos nadadores se tiran al agua para sujetarlo con firmeza de sus aletas y le colocan una cuerda en el pedúnculo caudal, el manatí una vez atrapado no hace mayor esfuerzo por soltarse, permitiendo que se le de un manejo dócil.

La obtención de medidas y colocación del radio puede realizarse en el sitio de captura si son aguas someras, de no ser así, se tiene que transportar al

manatí hacia la orilla. El transporte se probó en tres formas: 1) colocando bajo el manatí una lancha de goma modificada y de inflado rápido, la cual se jala con otra lancha, 2) sujetando al manatí con una camilla para subirlo a una lancha tipo Zodiac con motor y colchón de hule espuma en el piso, 3) mantener sujeto al manatí a un costado de la lancha y navegar a baja velocidad, es recomendable el apoyo de un nadador junto al manatí para cuidar que respire libremente.

El material y equipo utilizado para la captura fue el siguiente: avioneta CESSNA 182 de 4 plazas, lanchas de fibra de vidrio de 7.5 y 8 m de eslora, con motores de 40 y 25 HP, lanchas de hule tipo Zodiac de 3 y 4 m de largo, radios de banda civil, red de seda de 50 m de largo por 4 m de ancho con luz de malla de 10 x 10 cm y grosor de hilo grueso, 2 horquetas con tubos de aluminio de 3.5 m de largo; cuerdas de algodón, visores, tanque y regulador con adaptador para inflado rápido de lancha de hule.

**Seguimientos.** La mayoría de los seguimientos de manatíes se realizaron en lancha y en menor número desde dos torres de 6 m de altura, una colocada en la entrada a los canales de laguna Guerrero y otra en la Barra (Figura 1). También se hicieron registros desde tierra. De noviembre de 1994 a agosto de 1997 se salió al campo al menos una vez por semana (con algunas excepciones por mal tiempo), y con menor frecuencia, de septiembre de 1997 a julio de 1999. Para la búsqueda de manatíes perdidos se hicieron tres vuelos en avioneta sobre la BCH.

Se utilizó una lancha de 7.5 m de largo con motores de 25 o 40 HP, brújulas de mano con división de un grado, sistemas de posicionamiento global

(GPS) marcas Ensing y Sony, binoculares 10X50, mapas y fichas de campo, reloj con cronómetro y lentes polarizados que facilitan la observación del manatí. En la lancha se usó un tubo de 3m de largo para darle altura a la antena.

**Nivel de precisión.** Para clasificar las ubicaciones de manatíes se usaron tres niveles de precisión en los radios tipo VHF: **observado**, al tener contacto visual con el manatí, con un error menor a 50 m; **estimado** su posición se obtuvo al triangular la señal con dos o tres puntos de referencia, el nivel de error asociado se estima varió de 200 m a 1000 m; y a un nivel de **área general**, cuando no se observó el manatí ni se pudo triangular la posición por movimiento del animal, clima no adecuado, o fallas del GPS, entonces se ubicaba lo más preciso posible sobre un mapa del área a escala 1: 50,000, su error asociado varió de 200 m a 3000 m. Para el radio PTT las ubicaciones vía satélite se consideraron **estimadas**, con 5 niveles de precisión: 3,2,1,A y B, de estos, sólo se usaron los tres primeros niveles, con un error igual o menor a 150 m, 350 m y 1000 m, respectivamente (Robert K. Bonde, com. pers.). Las coordenadas de las ubicaciones fueron tomadas en el sistema UTM para facilitar los cálculos de la distancia entre puntos para triangular la señal.

**Captura de datos.** Los datos se capturaron en una base de datos diseñada en Microsoft Access; las ubicaciones se proyectaron a una cobertura geográfica de puntos con el Sistema de Información Geográfica ARC/INFO.

Se usaron las bases de información sobre batimetría y salinidad promedio de la BCH obtenidas en 1995 por Morales *et al.* (1996), para analizar la distribución espacial observada de los manatíes con relación a la profundidad.

## Resultados

**Método de captura.** El método utilizado fue muy eficiente para las condiciones existentes de aguas someras, transparentes y tranquilas que existen en los canales de laguna Guerrero, río Cacayuc y Barra (Figura 1). Estas características permitieron seguir a los manatíes por largo tiempo sin perderlos de vista. También permitió seleccionar al grupo de manatíes adecuado para la captura y a los manatíes con las tallas aproximadas deseadas. Otra ventaja es que los manatíes no ofrecieron mayor resistencia al entrar los nadadores al agua para atraparlos, reduciendo la posibilidad de lastimaduras.

**Manatíes marcados y duración de los transmisores.** Se capturaron y marcaron dos hembras en noviembre de 1994, dos hembras y un macho en octubre de 1996 y un macho y una hembra en mayo de 1997. Las cinco hembras usaron radios VHF, el primer macho (Santiago) usó un transmisor tipo UHF o PTT, el segundo macho (Popeye) usó un radio VHF (Cuadro 1). El tiempo máximo de registro de un manatí fue de 1698 días y el mínimo de uno. El promedio de duración de las siete marcas VHF fue de  $446 \pm 386$  días, variación de 1 a 1002 días; el PTT tuvo una duración de 73 días.

A Carmen se le reemplazó el radio el 10 de octubre de 1996, no se pudo atrapar por tercera ocasión antes de perder su señal por desgaste de las baterías. El transmisor de Gabriela también dejó de transmitir por desgaste de baterías.

Cuadro 1. Datos de los manatíes marcados, estos se identificaron con la clave formada por TQR (Transmisor en Quintana Roo) más un número consecutivo y un nombre común. Para cada manatí, se muestran los días acumulados que permanecieron con el transmisor en la bahía de Chetumal. Sólo Carmen fue recapturada para reemplazar su transmisor. El sexo del animal se denota con H: hembra, M: Macho. RT: radiotransmisor.

Clave técnica	Sexo	Nombre	Longitud en la captura	Fecha de captura	No. días 1er. RT	No. días 2º. RT	Total días marcado
TQR-001	H	Carmen	300 cm	14-Nov-94 10-Oct-96	696	1002	1698
TQR-002	H	Gabriela	301 cm	17-Nov-94	813	--	813
TQR-004	H	Nikita	276 cm	02-Oct-96	295	--	295
TQR-005	H	Cecilia	285 cm	05-Oct-96	158	--	158
TQR-006	H	Janneth	280 cm	18-May-97	154	--	154
TQR-003	M	Santiago	285 cm	02-Oct-96	73	--	73
TQR-007	M	Popeye	292 cm	17-May-97	1	--	1

Nikita se liberó de todo el sistema, el cinturón perdió su rigidez y forma con el paso del tiempo, todo el equipo fue recuperado. Cecilia perdió su transmisor debido a que el gancho que une la varilla de nylon con el cinturón aparentemente se abrió, soltando el transmisor con la varilla, el equipo fue recuperado. Janneth perdió su transmisor por rompimiento de la varilla de nylon. Este transmisor fue localizado en la casa de un pescador y mostraba señales de que intentaron abrirlo, parte de la varilla de nylon había sido cortada con cuchillo. A Popeye sólo se le escuchó el día de su marcaje, se le buscó en varias ocasiones por lancha y tres veces en avioneta en diferentes partes de la BCH, sin obtener registro de su señal. Santiago perdió su transmisor (PTT) 73 días después de su captura, la varilla de nylon se rompió en el sistema de seguridad contra atoramiento, el transmisor se encontró flotando entre raíces de mangle.



**Eficiencia de localización de los manatíes.** De noviembre de 1994 a julio de 1999 se realizaron un total de 375 días de esfuerzo de búsqueda de los manatíes marcados, de estos, 247 días fueron exitosos ubicándose al menos a un manatí (65.9 %). El nivel de precisión de las 247 ubicaciones fue: 57.1 % a nivel de área, 20.2 % estimado por triangulación y en el 22.7 % se observó al manatí.

Para cada manatí, el esfuerzo de búsqueda, éxito de ubicación y nivel de precisión de su ubicación varió, factores como: accesibilidad al área, conducta, intensidad de sus movimientos, condiciones climáticas, entrenamiento de personal y costos de operación, influyeron en la capacidad de búsqueda y eficiencia de ubicación (Figura 3 a – g).

Carmen acumuló 1698 días con transmisor (100 %), en este tiempo se le buscó en 154 días ( 9.1 %) y se localizó en 129 días (7.6 %), la eficiencia de localización fue de 83.8 % ( $129/154 \times 100$ ), la ubicación a nivel de área fue la más común (Figura 3a). Gabriela acumuló 813 días con transmisor, se le buscó en 123 días (15.1 %) y se localizó en 80 días (9.8 %), la eficiencia de localización fue de 65.0 % dominando la ubicación a nivel de área (Figura 3b). Nikita acumuló 295 días con transmisor, se le buscó en 33 días (11.2 %), se localizó en 11 días (3.7 %) y la eficiencia de localización fue de 33.3 % con niveles similares de precisión (Figura 3c). Cecilia acumuló 158 días con transmisor, se le buscó en 21 días (13.3 %), se localizó en 9 días (5.7 %), la mayoría a nivel de área (Figura 3d) y la eficiencia de localización fue de 42.9%.

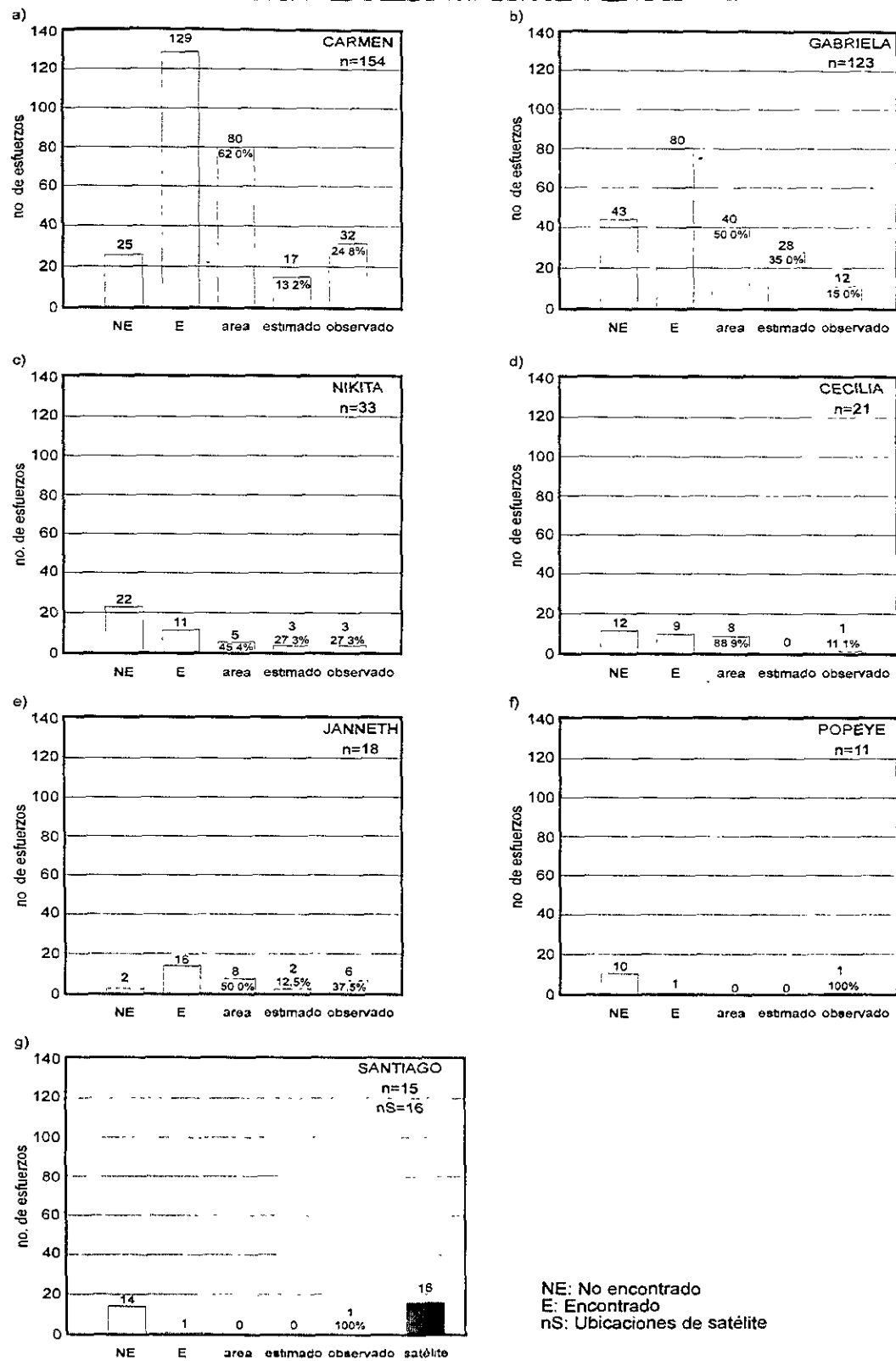


Figura 3. Esfuerzo de búsqueda y éxito de seguimiento a 3 niveles de precisión para cada uno de los manatíes monitoreados. Las 16 ubicaciones de satélite del macho Santiago no se consideraron como esfuerzos de búsqueda.

Janneth acumuló 154 días con transmisor, se le buscó en 18 días (11.7%), se localizó en 16 días (10.4 %) principalmente a nivel de área y observado (Figura 3e), la eficiencia de localización fue de 88.9 %. Santiago acumuló 73 días, el satélite dio 16 ubicaciones de precisión aceptable más el registro de su captura (23.3 %). Carmen, Gabriela y Janneth tuvieron un patrón de movimientos más predecible, lo que facilitó su ubicación. En Carmen y Gabriela, su disponibilidad a permitir nuestro acercamiento en lancha disminuyó con el tiempo, las hembras evitaban la lancha a distancia al escuchar el sonido del motor. Esta conducta dificultó su observación y fue más evidente en Carmen después de su segunda captura.

**Distribución espacial y áreas de uso constante.** Los datos obtenidos de ubicación de las hembras marcadas con transmisores VHF son relativamente bajos, sin embargo, permiten observar tendencias de su distribución espacial y definir algunas de las áreas que usaron con mayor frecuencia.

La muestra obtenida para Carmen señala que preferentemente usó el área de laguna Guerrero, canales, Cacayuc, la Barra y la franja de costa ubicada frente a la Barra y en su lado norte, extendiéndose sobre la BCH hasta aguas con profundidades de 4.5 m (Figura 4). En laguna Guerrero la profundidad varía de 2 a 4 m, en los canales va de 1 a 2 m, en Cacayuc es de 1 a 1.5 m y en la Barra varía de 2.0 a 2.5 m. El 99.2 % de los registros de Carmen (n = 129) fueron en aguas de 1 a 4 m de profundidad (Cuadro 2).

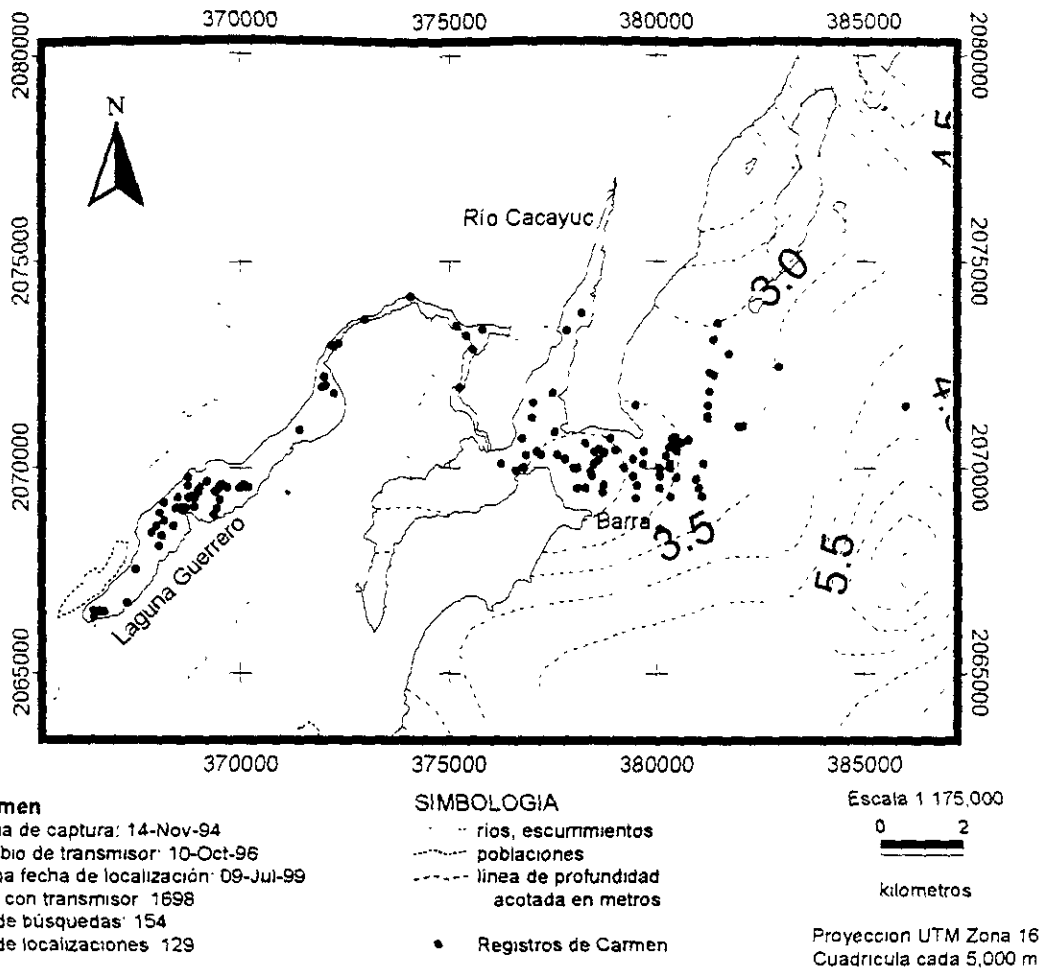


Figura 4. Distribución espacial de la hembra Carmen en diferentes profundidades.

Cuadro 2. Frecuencia de ubicaciones de los manatíes en diferentes profundidades de la Bahía de Chetumal. Prof: profundidad del agua en metros, NL: número de localizaciones (una por día).

Prof	Carmen		Gabriela		Nikita		Cecilia		Janneth		Santiago	
	NL	%	NL	%	NL	%	NL	%	NL	%	NL	%
1-2	41	31.8	4	5.0	8	72.7	2	22.2	2	12.5	3	17.6
2-3	38	29.4	13	16.3	2	18.2	0	0.0	13	81.2	4	23.5
3-4	49	38.0	54	67.5	1	9.1	6	66.7	1	6.3	7	41.2
4-5	1	0.8	6	7.5	0	0.0	1	11.1	0	0.0	3	17.6
5-6	0	0.0	3	3.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Total	129	100.0	80	100.0	11	100.0	9	100.0	16	100.0	17	100.0

Cecilia se observó en río Cacayuc, la Barra y la costa noroeste de BCH en aguas de 1 a 4.5 m de profundidad (Figura 7). Janneth mostró una distribución espacial más restringida que la de Cecilia, usó las zonas de Cacayuc, la Barra y la costa frente a la Barra, manteniéndose en aguas de 1 a 3.5 m de profundidad (Figura 5).

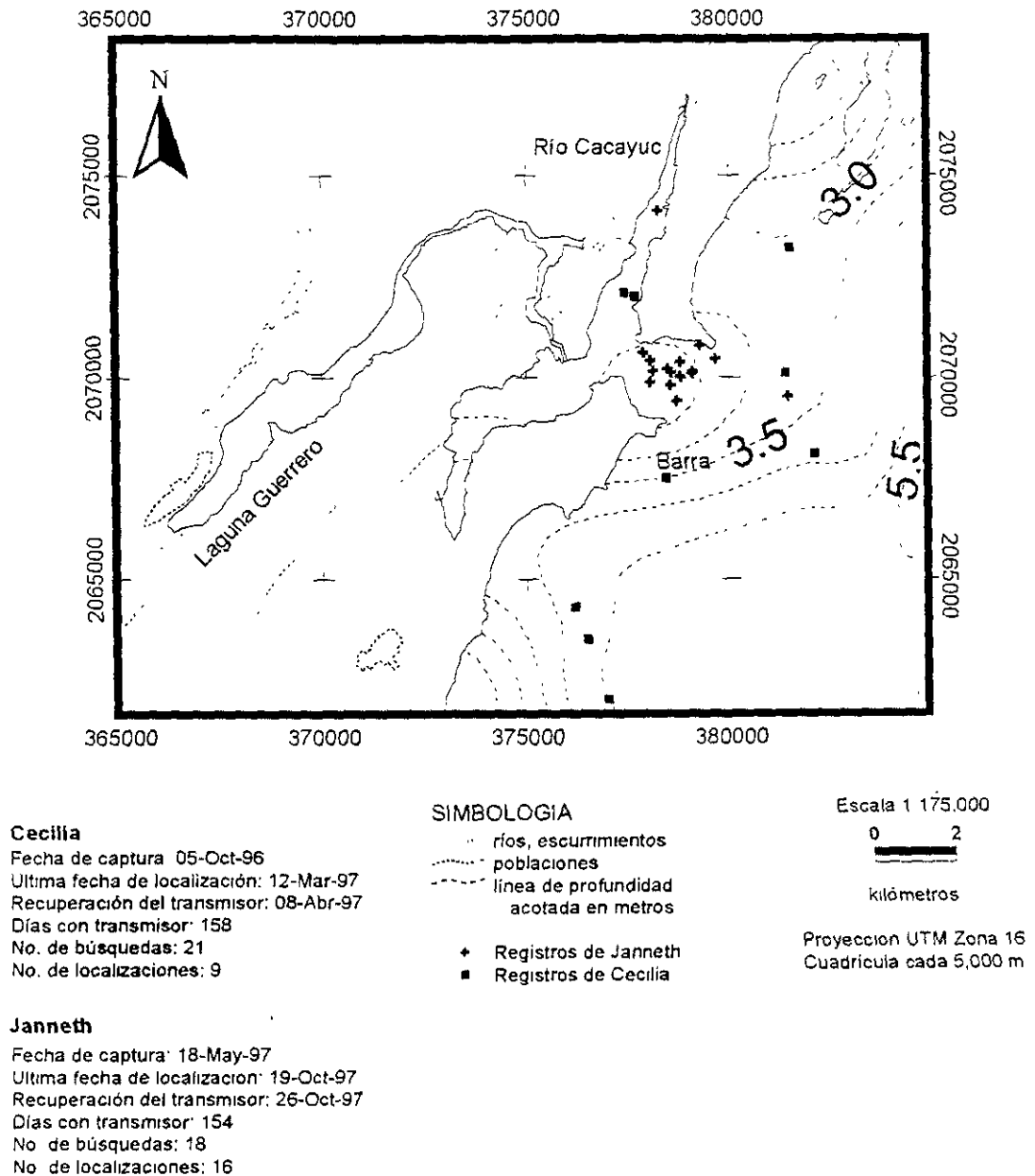


Figura 5. Distribución espacial de las hembras Cecilia y Janneth en diferentes profundidades.

Gabriela se distribuyó sobre la costa oeste de BCH desde Cayo Venado hasta la boca del río Hondo. El 83.8 % de sus registros (n = 80) fueron en aguas de 2 a 4 m de profundidad y el 11.2 % en aguas de 4 a 6 m de profundidad (Figura 6 y Cuadro 2).

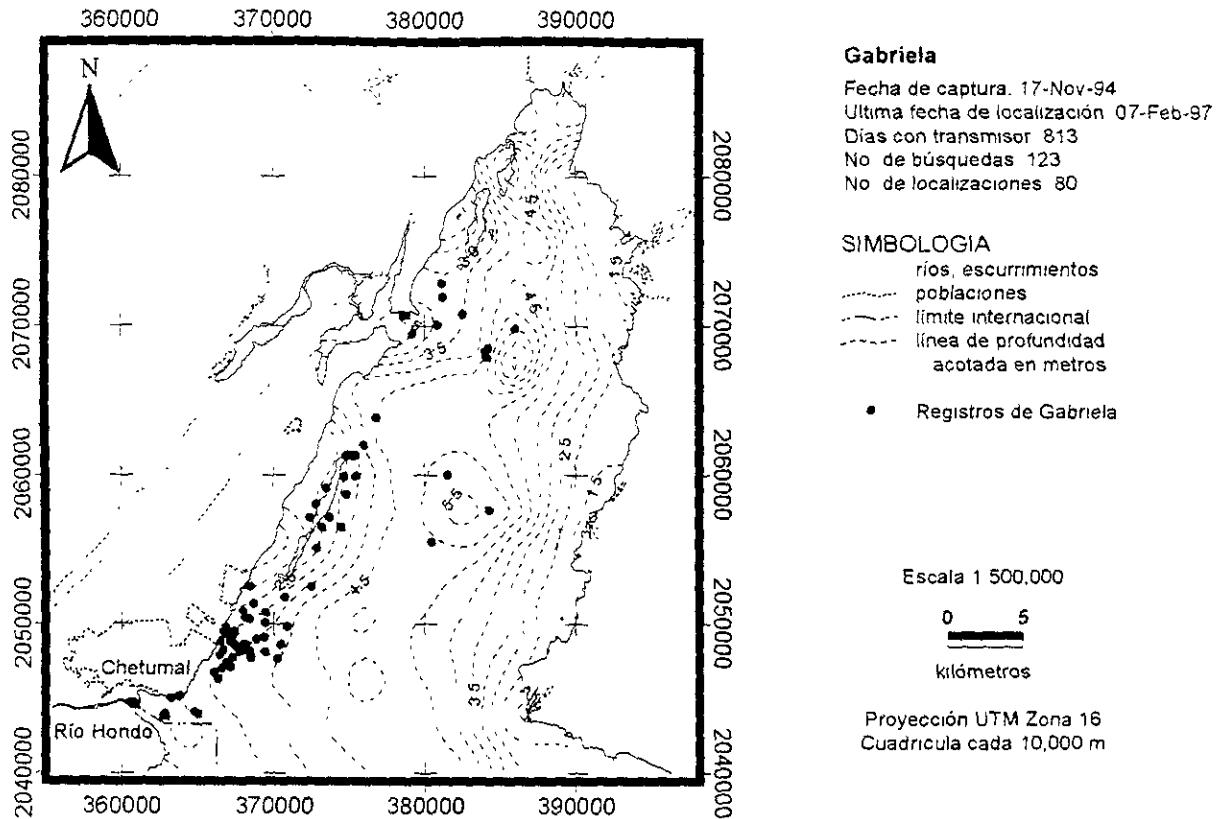
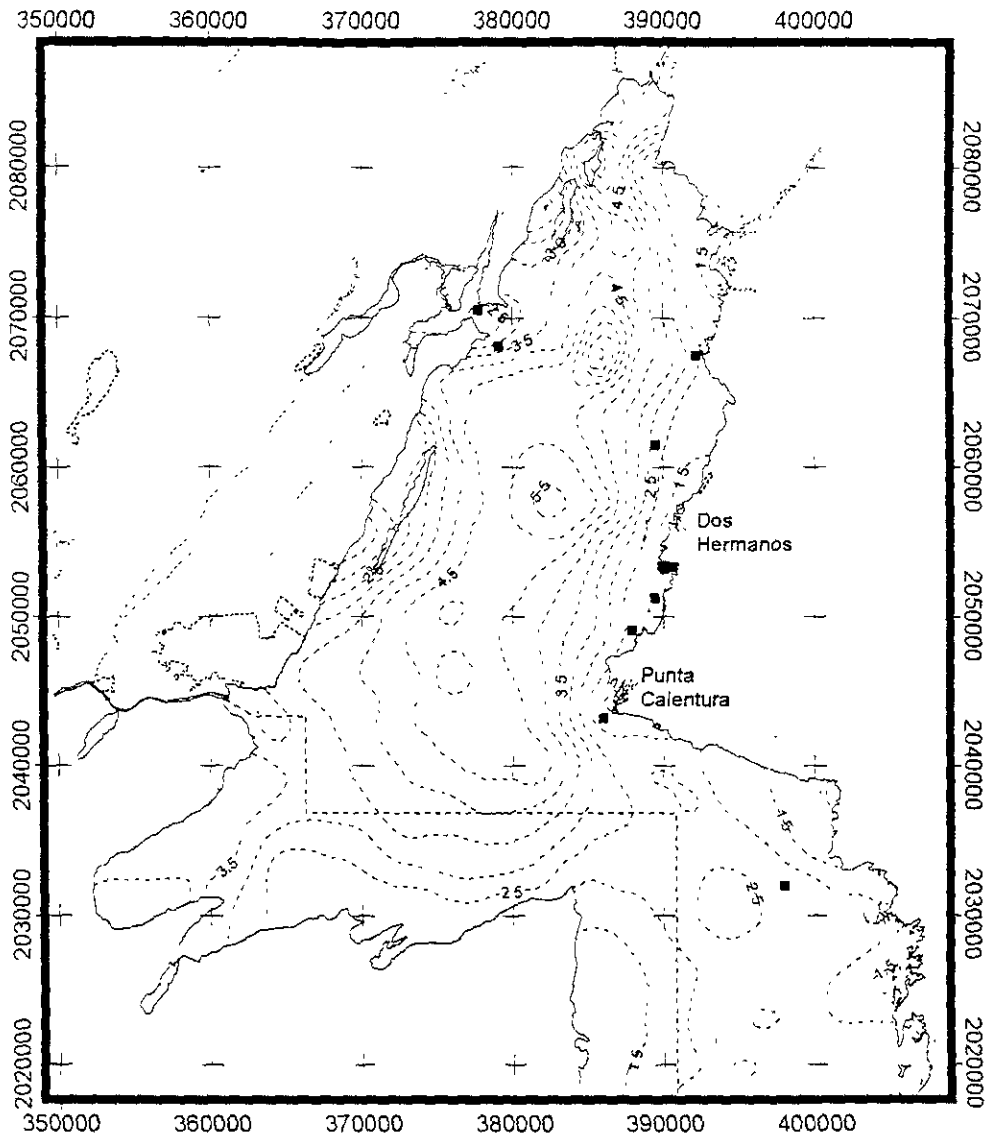


Figura 6. Distribución espacial de la hembra Gabriela en diferentes profundidades.

Nikita fue la única hembra que usó la costa este de BCH (Figura 7). Se le encontró en aguas de 1 a 4 m de profundidad, con tendencia a estar en aguas de 1 a 2 m de profundidad (Cuadro 2).



**Nikita**

Fecha de captura: 02-Oct-96  
 Última fecha de localización: 24-Jul-97  
 Recuperación del transmisor: 10-Nov-97  
 Días con transmisor: 295  
 No de búsquedas: 33  
 No de localizaciones: 11

**SIMBOLOGIA**

- ríos, escurrimientos
- poblaciones
- - - límite internacional
- - - línea de profundidad acotada en metros
- Registros de Nikita

Escala 1.500,000



kilómetros

Proyección UTM Zona 16  
 Cuadrícula cada 10,000 m

Figura 7. Distribución espacial de la hembra Nikita en diferentes profundidades.

Santiago usó la costa noreste, este y sureste de BCH, ubicándose en aguas de 1 a 5 m de profundidad, mostró tendencia por usar aguas de menor profundidad (Figura 8 y Cuadro 2).

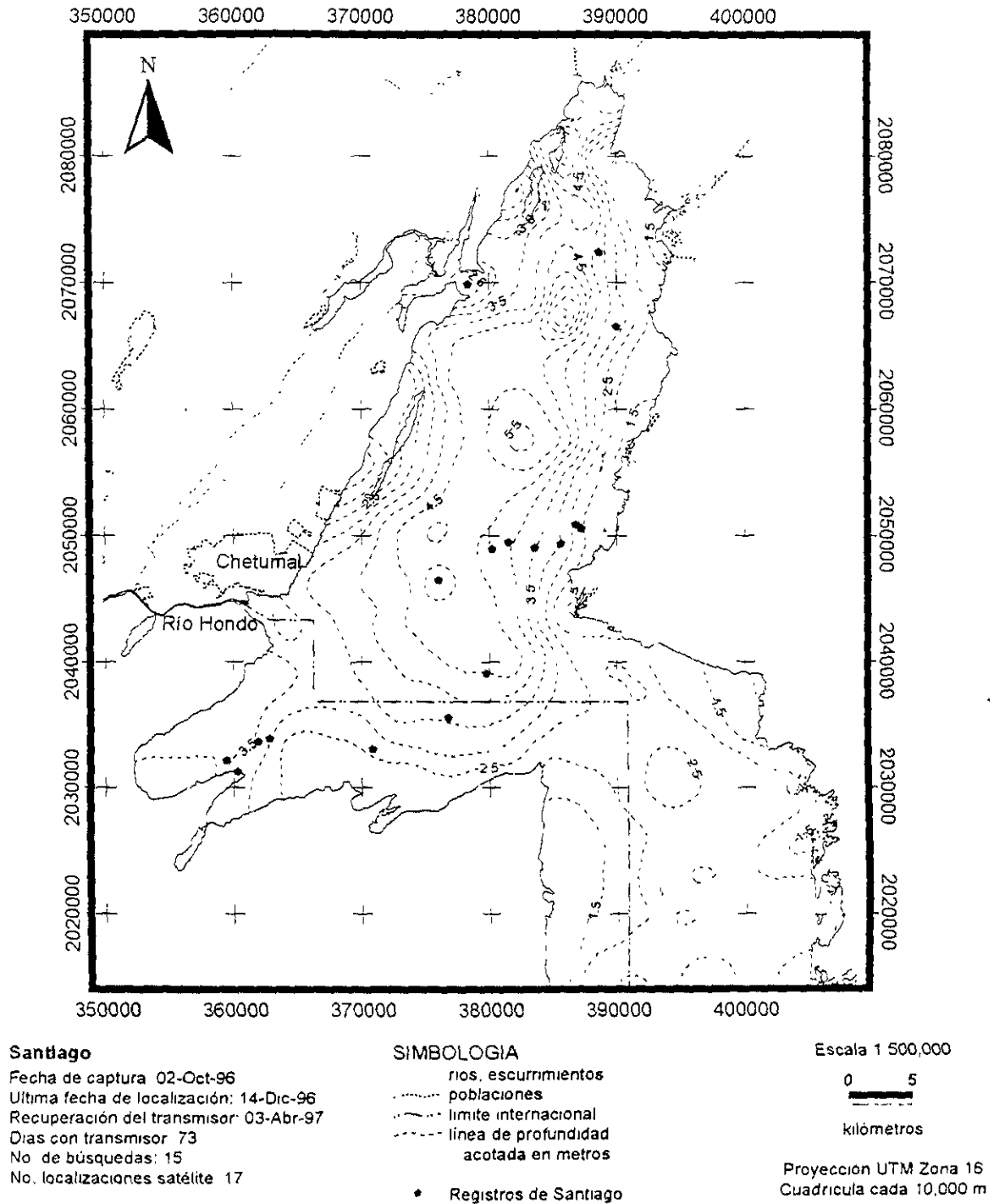


Figura 8. Distribución espacial del macho Santiago en diferentes profundidades.



**Distribución espacial de manatíes y salinidad del agua.** Carmen se movió en aguas de salinidad promedio mensual de 4 a 11.5 ppm (Figura 9), Cecilia y Janneth usaron aguas con 11.0 a 11.5 ppm de salinidad (Figura 10).

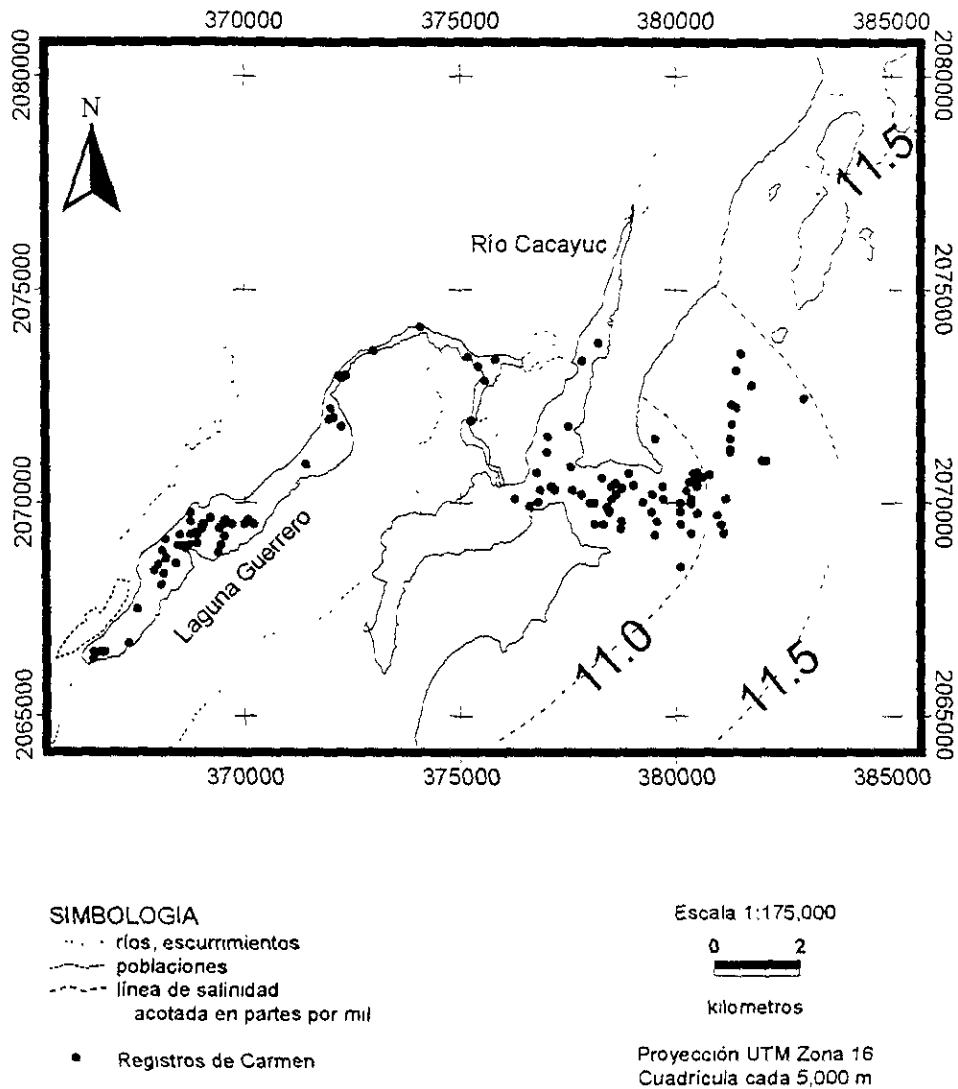


Figura 9. Distribución espacial de la hembra Carmen en diferentes salinidades. Las isolíneas indican los promedios de salinidad en 1995.

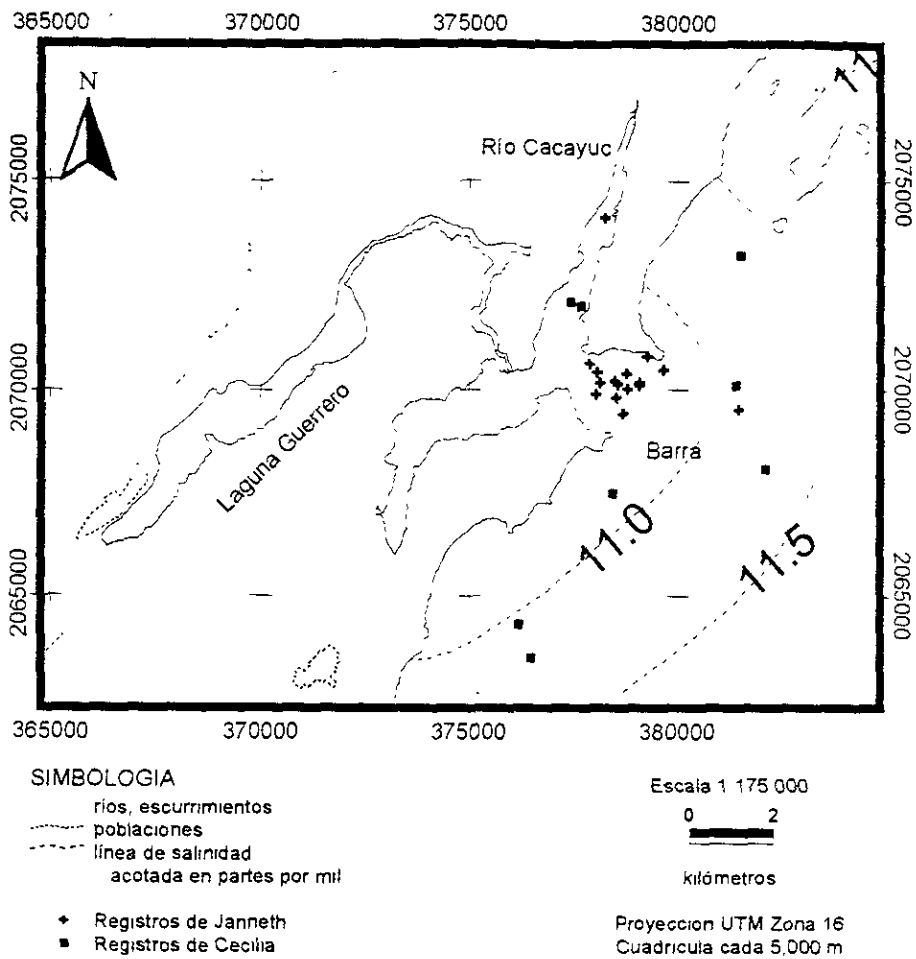
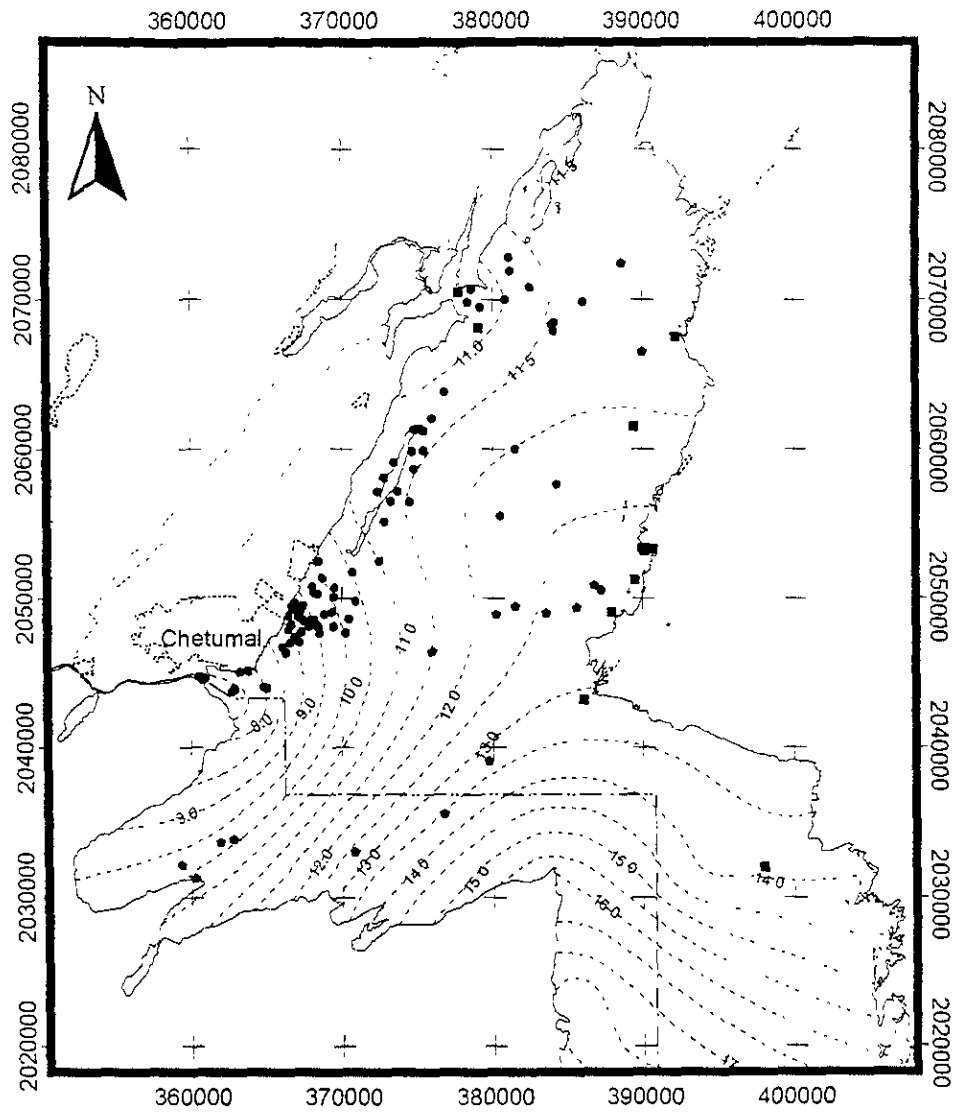


Figura 10 Distribución espacial de las hembras Cecilia y Janneth diferentes salinidades. Las isolíneas indican los promedios de salinidad en 1995

Gabriela usó aguas con 7 a 12.5 ppm, Nikita con 11.0 a 13.0 ppm, Santiago usó aguas con 9.5 a 13.5 ppm de salinidad (Figura 11), Estos datos no reflejan alguna tendencia particular de su distribución espacial relacionada con los valores de salinidad de BCH, excepto que todos los manatíes usaron aguas con salinidad promedio menor a 14 ppm. En BCH, el nivel promedio mensual de salinidad a lo largo del año varía de 7 a 18.5 ppm y, la salinidad disminuye conforme se avanza al interior de la BCH (Morales *et al.*, 1996).



**SIMBOLOGIA**

- ríos, escuernientos
- poblaciones
- límite internacional
- línea de salinidad acotada en partes por mil

- Registros de Gabriela
- Registros de Santiago
- ▲ Registros de Nikita

Escala 1.500,000

0 10

kilómetros

Proyeccion UTM Zona 16  
Cuadrícula cada 10,000 m

Figura 11 Distribución espacial de las hembras Gabriela y Nikita y el macho Santiago en diferentes salinidades. Las isólinas indican los promedios de salinidad en 1995.

**Desplazamientos.** Calcular el nivel de desplazamiento de las hembras fue muy difícil, debido al diferente número de días entre una ubicación y otra y que fue distinto para cada hembra, pero los datos permiten observar patrones importantes.

En Carmen sus desplazamientos se centraron en el sistema lagunar Guerrero, Barra y área costera frente a la Barra y hacia el norte (Figura 4). Los movimientos más largos que se detectaron fueron de la Barra a la parte interior de laguna Guerrero, recorriendo 14 km en uno o dos días.

Gabriela se capturó el 17 de noviembre de 1994 en la Barra, tres días después se localizó a 9 km al sur del sitio de captura, permaneció ahí por dos días, después se le observó de nuevo en la Barra (Figura 6). A mediados de febrero, estaba en la parte media de BCH a 11 km de la Barra, se perdió y un mes después estaba en el sur de Isla Tamalcab a 14 km del punto anterior. A partir de ese momento, sus desplazamientos fueron más predecibles, manteniéndose entre Isla Tamalcab y río Hondo, con algunos registros en la parte media de BCH (Figura 6). Su permanencia en algunos sitios y la distancia de sus desplazamientos fueron variables; podía estar por varios días en un mismo sitio, moviéndose de 0.5 a 2.0 km y después desplazarse 20 km en 4 ó 5 días.

Nikita permaneció en el área de captura los siguientes 10 días después de su marcaje (2/10/96), entre el 13 y 29 de octubre debió moverse a la costa este de BCH, pues, no se le localizó en la costa oeste por mucho tiempo. El 4/02/97 se le ubicó nuevamente en Punta Calentura (Figura 7). Es probable que haya

cruzado hacia la costa este de BCH a la altura de la Barra hacia Caleta Calderas y después moverse por la costa hacia Punta Calentura. Esta posible ruta representaría 37 km. En la costa este de BCH, sus movimientos entre ubicaciones variaron de 2 a 7 km.

En Cecilia, las distancias más grandes entre una y otra ubicación fueron de 3 a 7 km recorridos en 2 a 4 días, en general sus ubicaciones tuvieron menor distancia entre ellas (Figura 5). Janneth fue, aparentemente, la hembra que se desplazó menos, excepto por dos registros, todos se ubicaron en la Barra (Figura 5).

Los desplazamientos del macho Santiago fueron seguidos más continuamente por vía satélite. Santiago se caracterizó por ser un manatí muy activo, lo que causó problemas al satélite para ubicarlo en los 64 días siguientes a su captura, en este tiempo, se logró obtener sólo cinco registros de buena precisión (puntos 1-5, Figura 12). Entre el punto 1 y 2 existen 12.5 km lineales y 4 días de diferencia; entre el punto 2 y 3 hay 24 km y 7 días de diferencia; entre los puntos 3 y 4 hay 27.5 km pero transcurrieron 40 días de señales de baja precisión, lo que indica que el manatí se mantuvo muy activo en su desplazamiento. Lo mismo ocurrió entre los puntos 4 y 5 con 12 días de mala señal. Después de esta fase de alto nivel de desplazamiento, el macho disminuyó su ritmo lo que facilitó al satélite captar la señal diariamente y con alta precisión. A partir del punto 5 es un registro por día. En esta segunda fase de 9 días, el macho recorrió por día un promedio de  $4.1 \text{ km} \pm 3.2 \text{ km}$  (variación

de 0.5 a 10 km). Entre el 14 y 26 de diciembre Santiago perdió su radio, la ubicación del 26 de diciembre indicó un desplazamiento de sólo 200 m.

No se tiene información de Popeye, se estima salió de la BCH en los días siguientes a su captura.

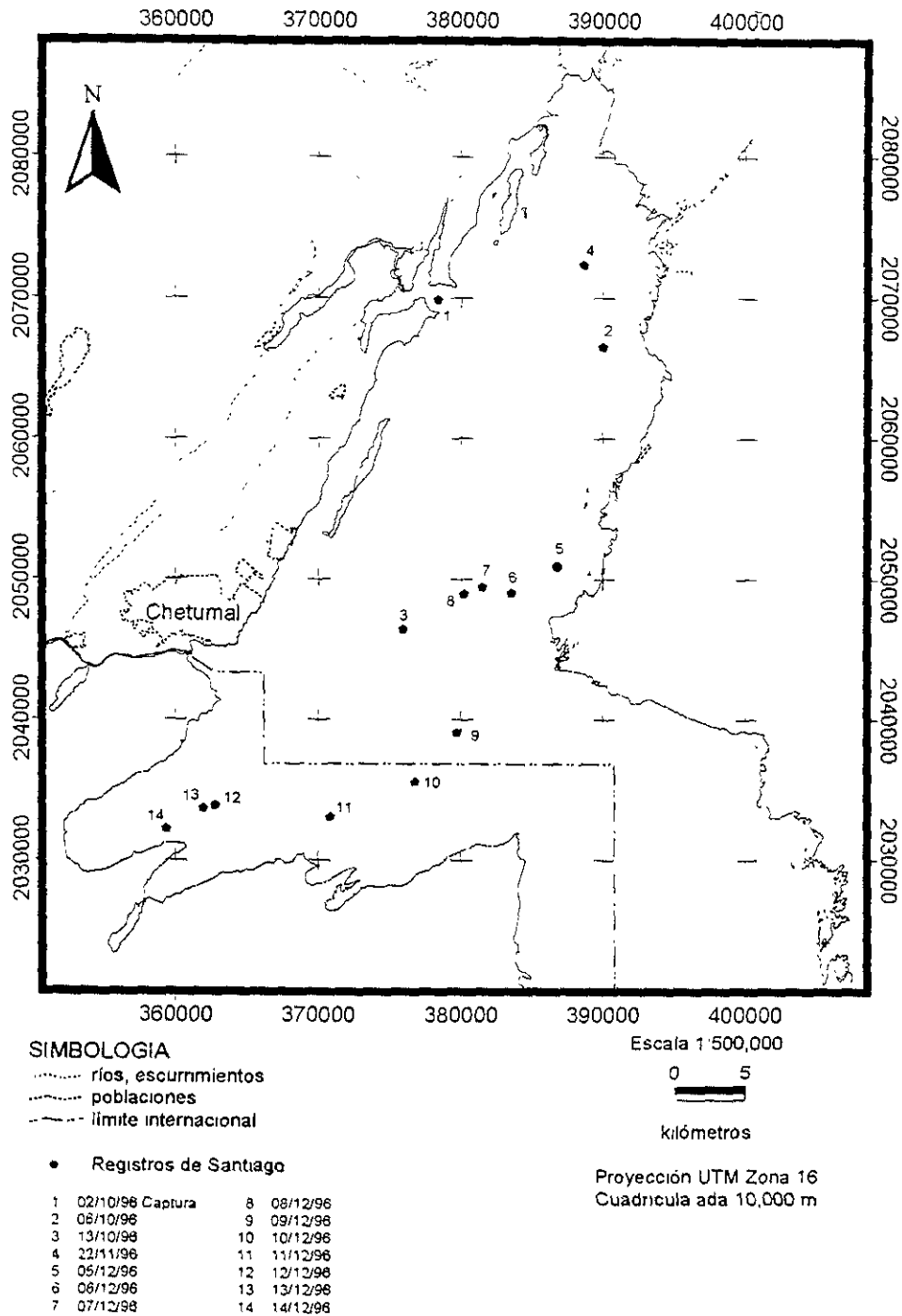


Figura 12. Ubicaciones en orden consecutivo del macho Santiago.

**Fidelidad.** El seguimiento de los manatíes permitió evaluar su nivel de permanencia en una misma área. Todas las hembras marcadas se mantuvieron en la BCH, incluso algunas limitadas a un sector de la bahía. Carmen duró 1698 días (4.6 años) haciendo uso de un mismo sector de BCH hasta que se perdió su señal. Gabriela permaneció en la costa oeste por al menos 813 días. Nikita se movió a la costa este de la bahía días después de su captura, 11 meses después regresó a la zona de su captura. Cecilia y Janneth también permanecieron por más de 150 días en los alrededores del sitio donde fueron capturadas. A Janneth, afortunadamente se le observó nuevamente ya sin transmisor pero con su cinturón el 5 de abril de 1998 en el área de la Barra, lo que extendería su tiempo de fidelidad a una misma área en más de 300 días.

Santiago, permaneció en la BCH durante sus 73 días con transmisor, pero el grado de su movimiento fue mayor que el de las hembras y no mostró preferencia por algún sitio en particular durante este tiempo. El macho Popeye aparentemente dejó la BCH.

**Tamaño de hembras maduras sexualmente.** Las hembras que tuvieron cría después de su captura y marcaje fueron Carmen, Gabriela y Janneth. Sus tallas en su primera captura fueron de 301, 300 y 280 cm, respectivamente (Cuadro 1), por lo que a estas tallas las hembras son sexualmente maduras. Sólo Nikita quedó por debajo de este rango de tallas con 276 cm y no se le observó cría en sus 295 días de seguimiento.

**Estimación del periodo de gestación.** Carmen al momento de su captura, tenía su vulva notablemente inflamada, por lo que se pensó que pudo haber estado preñada o en estado receptivo (estro). Su cría se vio por primera vez en febrero de 1996, 15 meses después de la fecha de marcaje, era una cría macho pequeña de aproximadamente 110 cm de talla, de color gris oscuro, con suaves pliegues fetales en su cuerpo y nado inquieto; características que indicaban era una cría recién nacida.

Gabriela también fue revisada con detalle en su captura, su vulva no mostró inflamación y su abdomen lucía de tamaño normal. Su cría se observó por primera vez el 12 de julio de 1996, 19 meses después de su captura, para entonces era una cría de mayor talla que la de Carmen, no se pudo capturar para medirla.

Janneth fue capturada el 18 de mayo de 1997, fue notorio que estaba muy ancha de su abdomen, por lo que se registró como posible preñada. Su cría se detectó el 5 de abril de 1998, 10 ½ meses después de su captura, lo que confirmó su estado de preñez en mayo.

**Índice de nacimientos.** Este índice se definió como el número de crías producidas por hembra adulta por año y se calculó sólo para las hembras con más de un año de marcaje. En Carmen, su índice de nacimientos fue de 0.21 (una cría/4.65 años) y en Gabriela fue de 0.45 (1cría/2.23 años), el índice promedio fue de  $0.33 \pm 0.17$ .

**Tiempo de cuidado maternal de las crías.** El tiempo de cuidado de las crías fue difícil de determinar, principalmente por pérdida de marcas y dificultad



para observar de cerca a las hembras. Sólo se tiene información fragmentada de la cría de Carmen, que fue vista regularmente con su madre hasta 8 ½ meses después de su primer registro. Posteriormente, Carmen se volvió a ver de cerca hasta el 8 de noviembre de 1997, fecha en que ya no estaba su cría con ella, acumulando 20½ meses desde su primer registro con cría.

## **Discusión**

**Pérdida de manatíes marcados.** Carmen y Gabriela se perdieron por baterías bajas, las baterías de los tres radios VHF puestos en estas dos hembras, tuvieron un promedio de vida de 837 días  $\pm$  154. Reid *et al.* (1995), indica que las baterías de los radios VHF tiene una duración aproximada de dos años (730 días). Esta diferencia sólo se explicaría por el uso de baterías de mejor calidad.

El promedio de duración de los siete radios VHF puestos en los manatíes fue de 445  $\pm$  386, con una variación de 1 a 1002 días. En la costa atlántica de Florida, el tiempo promedio de duración de 139 transmisores colocados en manatíes fue de 65 días  $\pm$  77.3, variación de 1 a 578 días (Reid *et al.*, 1995). La diferencia entre las dos áreas es notable.

Las causas de pérdida de transmisores en BCH fueron las siguientes: en Carmen y Gabriela fue por baterías bajas. En Nikita fue por baja calidad de la espuma expansible usada para rellenar el cinturón de esta hembra, al recuperar la marca, el cinturón estaba sin espuma y sin forma, lo que facilitó que Nikita se liberara de todo el sistema con el paso del tiempo. El uso de

esta espuma se debió al intento de utilizar materiales disponibles en el mercado local. En Cecilia se soltó el anillo de acero que une la varilla de nylon y el transmisor con el cinturón, posiblemente el tope de la pequeña tuerca no atoró con seguridad. En Janneth primero se pensó que había perdido su transmisor por causa humana al encontrar en la casa de un pescador el transmisor junto con un pedazo de la línea de nylon que había sido cortada con un cuchillo, pero el análisis posterior de una fotografía subacuática de la hembra con el cinturón, tomada cinco meses después de recuperar su radio, mostró que la varilla se rompió en su punto de seguridad, junto al cinturón. Por desgracia, esto no elimina la posibilidad de que los pescadores hayan tenido algo que ver con la ruptura de la varilla. Santiago perdió su transmisor al romperse la varilla de nylon en el punto de seguridad.

Es importante que en la continuación de este programa de marcaje, se incremente el esfuerzo de difundir con los pescadores las razones del proyecto y la importancia de la información que se está obteniendo. También hacerles ver que el equipo no tiene un valor en el mercado. Los pescadores que trabajan en BCH son pocos y algunos pueden ser partícipes de este programa de investigación.

En Florida, la pérdida o reemplazo de marcas es común por varias razones: baterías bajas, fallas electrónicas, rompimiento de la línea de nylon por múltiples causas, golpe de transmisores por lanchas, ruptura de cinturones, destornillamiento de piezas, pérdida de flotación por la fuerte incrustación de

balanos, entre otras causas (Reid *et al.*, 1995). En la BCH, no se observaron balanos en los transmisores, debido a la baja salinidad de sus aguas.

**Desplazamientos.** En general, las hembras mostraron tendencia a desplazarse poco durante el tiempo con transmisor, incluso este bajo nivel de desplazamiento las hizo más predecibles en su ubicación. Sólo Gabriela y Nikita se desplazaron a otra área posterior a su captura, pero después de este movimiento fueron predecibles. En los machos, fue adecuado colocar el radio de satélite a Santiago, de lo contrario hubiera sido muy difícil o imposible hacer su seguimiento. Días después de su captura, Santiago fue tan activo que el satélite dio posiciones de baja precisión e incluso llegó a no captar la señal. Después, Santiago mostró una fase menos activa, con un desplazamiento promedio de 4.1 km. En el caso de Popeye, hay tres posibles causas para explicar la pérdida de señal del transmisor: a) que haya dejado de funcionar horas después de liberar al manatí por fatiga de las baterías o fallas electrónicas, b) que el manatí se haya librado de todo el sistema de marcaje y el transmisor quedara bajo el agua, por el peso del equipo, sin poder escuchar su señal y c) que el manatí se haya alejado rápido y constantemente de nuestra área de detección hasta salir de la BCH. La primera posibilidad siempre existe aunque es baja. Para descartar la segunda posibilidad, todo el sistema de marcaje se probó en la BCH con dos cinturones de diferentes tamaños, uno de 114 cm y otro de 105 cm, el cinturón grande flotó con todo el sistema y el cinturón chico se hundió junto con la mayor parte de la cápsula de flotación, pero la antena del transmisor se mantuvo completamente fuera del agua con

perfecta transmisión de la señal. A Popeye se le colocó un cinturón de 113 cm. Por último, si Popeye registró una conducta similar a Santiago después del marcaje, no es difícil pensar en la posibilidad de que haya salido de la BCH.

Sobre movimientos de manatíes marcados en otras regiones hay información importante. En la península de Florida, los cambios en la temperatura del agua, provocan migraciones temporales de manatíes entre las áreas norteñas de veraneo y las áreas sureñas invernales; cuando la temperatura del agua es menor a 20 °C los manatíes se reúnen en áreas con aguas termales, en primavera apenas las aguas suben a 20 °C los manatíes se dispersan nuevamente (Bengtson 1981). Además de este patrón estacional de movimientos, algunos manatíes viajan frecuentemente varios cientos de kilómetros (Reid *et al.*, 1995). También hay manatíes que hacen sólo movimientos locales menores a 30 km entre áreas de verano e invierno, esto se explica por la presencia de plantas termoeléctricas que vierten sus aguas de mayor temperatura a los ríos, formando importantes refugios artificiales para los manatíes en invierno (Reynolds y Wilcox 1986; 1994).

En la BCH la temperatura del agua no es un factor que regule la distribución estacional de los manatíes (Axis *et al.*, 1998), como ocurre en Florida, donde la muerte de manatíes por inviernos muy severos está bien documentada (Ackerman *et al.*, 1995; O'Shea *et al.*, 1985).

Sobre movimiento diferencial entre machos y hembras, se ha observado en Florida que los machos adultos se mueven más que las hembras (Bengtson 1981) En la bahía de Kings, Florida, las hembras lactantes llegan temprano en

otoño y permanecen más tiempo que otros manatíes, por lo que las hembras se mueven menos extensivamente que los machos (Rathbun *et al.*, 1990). En Brasil, un joven macho manatí amazónico (*Trichechus inunguis*) fue trasladado a un lago y seguido por 20 días continuos, su tasa promedio de desplazamiento fue de 2.6 km al día, con igual actividad en día y noche (Montgomery *et al.*, 1981). En la mayoría de los mamíferos, los machos presentan mayor grado de dispersión que las hembras (Shields 1987).

Es necesario incrementar el tamaño de muestra de manatíes marcados, principalmente machos, para representar mejor sus movimientos estacionales en la BCH.

**Distribución espacial y zonas de uso constante.** La información obtenida de los manatíes marcados indica que ellos pasaron gran parte de su tiempo en áreas con profundidades de 1 a 4 m (Cuadro 2), pero también hay algunos registros de su presencia en aguas de mayor profundidad ubicadas en la parte central de la bahía. Esto sugiere que los manatíes hacen uso de estas áreas centrales principalmente para actividades de desplazamiento, lo que explicaría, en parte, la baja proporción de nuestros registros en esa área. También fue evidente la importancia que tiene el sistema lagunar Guerrero y sus alrededores. Carmen, Cecilia y Janneth hicieron uso frecuente de esta área, que les ofrece refugio para los vientos, aguas someras, baja salinidad y gran cantidad de vegetación acuática. Axis *et al.* (1998), hicieron un análisis de las variables ambientales y su influencia en la distribución espacial de los manatíes en BCH y observaron que la profundidad y salinidad del agua son

variables asociadas de importancia moderada. Los mapas de distribución espacial de manatíes sobrepuestos a las isolíneas de salinidad promedio no muestran alguna tendencia en particular.

Los cambios en la intensidad del viento y la presencia de vegetación acuática son variables consideradas de mayor influencia en la distribución espacial de los manatíes en BCH (Axis *et al.*, 1998).

Los estudios de vegetación acuática realizados por Morales *et al.* (1996), permiten saber que en las áreas usadas por los manatíes marcados existe mayor presencia de algas que de pastos, la especie de alga con mayor biomasa es *Batophora* sp., y está presente todo el año, las algas filamentosas también son comunes, los pastos como *Thalassia testudinum* tienen menos biomasa.

En Florida, Hartman (1979) observó que los manatíes se alimentan de una amplia variedad de vegetación acuática disponible a no más de 4 m de profundidad. Este límite de profundidad coincide globalmente con las áreas de mayor frecuencia de uso de las hembras marcadas en la BCH.

Asociado a los datos de distribución de los manatíes obtenidos en la BCH existen, al menos, tres sesgos: a) no son datos continuos y el tamaño de muestra representa sólo entre 3.7 % y 10.4 % de los días que permanecieron las hembras con transmisor, b) las ubicaciones tienen diferente nivel de precisión; en todas las hembras, la ubicación a nivel de área fue la más frecuente (Figura 3), con niveles estimados de error entre 200 m y 3000 m, sin embargo, la mayoría de las ubicaciones de área tuvieron un error menor a 1000

m y aún más bajo en el caso de Carmen y c) el último, asociado a nuestra capacidad y a las condiciones climáticas para encontrar más fácilmente a los manatíes cercanos a la costa y a nuestro centro de operaciones, que en la parte central o costa este de BCH. Una forma de estimar este error sería el considerar el número de veces que se buscó al manatí sin localizarlo; los porcentajes de este evento fueron de 11.1 % en Janneth, de 16.2 % en Carmen, de 35.0 % en Gabriela, de 57.1 % en Cecilia y de 66.7 % en Nikita, que fue la hembra que usó ambos lados de la bahía y requirió de mayor tiempo para localizarla. Esto señala la necesidad de apoyarse más en los radios UHF, principalmente en los manatíes que muestren mayor grado de desplazamiento o se muevan a áreas más aisladas.

**Fidelidad.** Las hembras en BCH, presentaron un patrón muy claro y constante de uso continuo de sitios específicos, además, la información obtenida demuestra que las hembras pueden permanecer en la BCH por varios años consecutivos, usando incluso sólo un sector de la bahía. A diferencia de ellas, el macho Santiago en sus 73 días de marcado no fue afín a un área en particular de la BCH y Popeye probablemente dejó la BCH. Esta información, aunque limitada para los machos, permite decir que el nivel de fidelidad en las hembras en BCH es alto y aparentemente menor en los machos.

En Florida, existen varios ejemplos de hembras adultas que, durante los meses de invierno, hacen uso continuo de las mismas áreas de refugio de aguas termales (O'Shea y Hartley 1995). Estudios con foto-identificación de manatíes en Florida, en los meses de invierno, han obtenido alto porcentaje de

re-observaciones de manatíes identificados (Beck y Reid 1995). De 100 manatíes estudiados en los ríos Homosassa y Crystal, en la costa noroeste de Florida, un promedio del 92.4% de las hembras y 84.2% de los machos regresaron anualmente a las mismas áreas de refugio invernal durante varios años (Rathbun *et al.*, 1990). Se requiere continuar marcando machos y hembras para definir si hay diferencia de fidelidad de manatíes entre regiones y entre sexos.

**Tamaño de hembras maduras sexualmente.** En BCH, la talla de la hembra más pequeña marcada fue de 276 cm (Nikita). En la población de manatíes de Florida, la talla promedio registrada en seis hembras jóvenes maduras sexualmente fue de 279.7 cm, con variación de 254 a 302 cm (Marmontel 1995). Estos datos muestran gran variación en las tallas de hembras maduras sexualmente. La talla de Nikita es cercana al valor promedio informado, por lo que nuestra hembra de 276 cm era sexualmente madura cuando se capturó. La madurez sexual de las hembras en vida libre se estima ocurre entre los 2.5 y 4 años (Rathbun *et al.*, 1995). Marmontel (1995) señala que algunas hembras con tres años de edad son maduras sexualmente.

**Tamaño de machos maduros sexualmente.** En BCH los machos capturados tuvieron tallas de 285 cm (Santiago) y de 292 cm (Popeye). En un estudio sobre espermatogénesis con manatíes de Florida, trece machos con tallas de 252 a 320 cm presentaron espermatogénesis activa y nueve machos con tallas de 98 a 235 cm presentaron características de animales inmaduros (Hernández *et al.*, 1995). Con base en esta información, las tallas de los dos



manatíes marcados en BCH los señalan como machos con espermatogénesis activa.

**Índice de nacimientos o natalidad.** Es factible expresar el índice de natalidad como el número de crías que nacen de cada hembra por unidad de tiempo (Krebs 1985). La tasa promedio de natalidad observada en las hembras Carmen y Gabriela fue de  $0.33 \pm 0.17$  crías/año (0.21 y 0.45, respectivamente), es decir una cría en promedio cada tres años. En el área de Cristal River, se estimó una fecundidad de  $0.36 \pm 0.06$  crías/año (variación de 0.28 a 0.47) para todas las hembras reproductoras identificadas en 14 años, y de  $0.40 \pm 0.10$  (variación de 0.20 a 0.57) para 33 hembras que presentaron ciclos no interrumpidos de crías en diferentes periodos, por ejemplo, una hembra tuvo cuatro crías en 7 años con una fecundidad anual de 0.57 (Rathbun *et al.*, 1995). Otra hembra produjo al menos 6 crías en 22 años, a una tasa de fecundidad de 0.27 (O'Shea y Hartley 1995). Reynolds (1981) estudiando un grupo semi-aislado de manatíes en laguna Azul, en el área de Miami, observó durante 23 meses a 9 diferentes crías y 17 hembras adultas, estimando una tasa de reproducción de una cría/hembra cada tres años.

La información obtenida de las dos hembras en la BCH es valiosa pero limitada, es importante continuar marcando a más hembras para estimar con mayor seguridad la tasa de natalidad de los manatíes en BCH.

**Estimación del tiempo de gestación y fecha de partos.** La cría de Carmen fue vista muy cerca 15 meses después de la captura de la hembra; era pequeña, de aproximadamente 110 cm de talla, de color gris oscuro, más

intenso en la cabeza que en el resto y con pliegues fetales sobre el cuerpo.

Estas características permitieron estimar que tenía poco tiempo de nacida. En Florida, las crías nacen con una longitud promedio de 122 cm con una variación de 80 a 160 cm (Marmontel 1995). En el manatí del Amazonas las crías tienen una talla al nacer de 60 a 105 cm (Marmontel *et al.*, 1992). La vulva inflamada que presentó Carmen al momento de su captura, que hace suponer se encontraba en estro (estaba en grupo con otros tres manatíes adultos) y la talla, color y pliegues fetales de la cría, permiten inferir que su periodo de gestación fue de 14 a 15 meses.

La cría de Gabriela se detectó 19 meses después de la captura de la hembra, la cría era de mayor talla que la de Carmen, por lo que es difícil estimar su periodo de gestación, pero, tuvo que ser menor a 19 meses por la talla de la cría.

En el caso de la hembra Janneth, en su captura, se notaba muy ancha de su cuerpo a la altura del abdomen. Se tomaron muestras de sangre para medir sus niveles de estrógenos (1.0 Ngr/l) y de progesterona ( 1.57 Ngr/l), resultando negativa la prueba de embarazo aplicada para humanos. Aunque esta prueba es poco sensible para detectar embarazo de animales en sus etapas iniciales, sí es más eficiente en etapas posteriores (Roberto Sánchez, com. pers.). A pesar del resultado negativo de la prueba de sangre y basados en lo ancho de su abdomen, la hembra debió estar en sus primeros meses de preñez el día de su captura, pues su cría se observó 10 ½ meses después de su marcaje. Hartman (1979) observando a una hembra en río Cristal, Florida,

calculó un periodo de gestación de 13 meses. Reid *et al.* (1995), basado en una hembra marcada que tuvo cría, calculó un periodo de gestación entre 13 y 14 meses. Otro estudio con 17 hembras marcadas con transmisor, señala un periodo de gestación menor de 9 meses en el 6.0 % de la muestra; de 9 a 12 meses en el 23.5 % de la muestra; de 13 a 15 meses en el 47 % y de más de 15 meses en el 23.5 % (Rathbun *et al.*, 1995). Los datos estimados de gestación de las tres hembras marcadas en BCH, se ajustan al abanico de periodos de gestación informado para Florida. La fecha más precisa es la de Carmen con 14 a 15 meses.

**Cuidado maternal de crías.** La estimación del tiempo que las crías pasaron con sus madres en su medio natural fue difícil de determinar, la pérdida de marcas, malas condiciones ambientales y conducta evasiva de las hembras hicieron difícil esta labor. Por el momento, los datos obtenidos sobre la cría de Carmen, permiten estimar un intervalo de dependencia mínima de 8 ½ meses y máxima de 20 ½ meses. En Florida, Reid *et al.* (1995), definieron para cinco crías un tiempo mínimo de 14 meses, con intervalos máximos de 18.5 y 24 meses. Rathbun *et al.* (1995), definieron para 121 crías que 93 (77 %) fueron dependientes de sus madres de 6 a 18 meses y 28 (23 %) crías fueron dependientes de 18 a 24 meses.

Los resultados obtenidos en éste estudio, ofrecen información valiosa y nueva para la población de manatíes de México y en particular, para la subpoblación que habita en las aguas del Caribe mexicano. Sin el uso de

técnicas novedosas como la telemetría, hubiera sido difícil obtener esta información biológica en su medio natural.

La aplicación de parte de estos resultados ha sido inmediata en los programas de conservación del manatí en México, en la BCH, los datos de distribución espacial de los manatíes y ubicación de áreas de uso frecuente fueron usados para la zonificación acuática dentro del plan de manejo de esta área protegida, también están sirviendo para establecer las prioridades de investigación del Programa Nacional de Conservación del Manatí del gobierno de México.

La mayoría de los resultados requieren de mayor tamaño de muestra, pero son una sólida base de información para continuar estudiando con detalle a esta subespecie en Quintana Roo y en México.

### **Agradecimientos**

Agradecemos al personal del Proyecto Sirenia, del Servicio de Evaluación Geológica de Estados Unidos, por su asesoría, en especial a Jim Reid y a la Dra. Lynn Lefebvre. A Daniel Rovelo, por su responsabilidad en las actividades de campo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, proyecto N9301 2017) y a la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO, proyecto H164), por los importantes fondos otorgados para este estudio, necesariamente a largo plazo. Agradecemos a las autoridades del Instituto Nacional de Ecología por los permisos de captura y

marcaje (permisos: Oficios INE A00-700(2).-00364; INE D00-702-3019 e INE DOO 750-3918/97).

## Referencias

- Ackerman, B. B., Wright, S. D., Bonde, R. K., Odell, D. K., Banowetz, D. J., 1995. Trends and patterns in mortality of manatees in Florida. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 223-258.
- Axis A., J., Morales V., B., Torruco G., D., Vega C., M. E., 1998. Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*) en Quintana Roo, México (Mammalia). Rev. Biol. Trop. 46(3):791-803.
- Bengtson, J. L., 1981. Ecology of manatees (*Trichechus manatus*) in the St. Johns River, Florida. Thesis submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Minnesota in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. July 1981.
- Beck, C. A., Reid, J. P., 1995. An automated photo-identification catalog for studies of the life history of the Florida manatee. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 120-134.
- Caro, T., 1999. The behavior-conservation interface. Tree 14(9):366-369.
- Espinoza A., J., 1996. Distribution of seagrasses in the Yucatan Peninsula, Mexico. Bull. Of Mar. Sci. 59(2):449-454.
- Hartman, D. S., 1979. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. Special publication No. 5. The American Society of Mammalogists, 153 pp.
- Hernández, P., Reynolds III, J. E., Marsh, H., Marmontel, M., 1995. Age and seasonality in spermatogenesis of Florida manatees. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 84-97.
- Krebs, C. J., 1985. Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia. Segunda edición. Ed. Harla, 753 pp.
- Lluch B., D., 1965. Algunas notas sobre la biología del manatí. An. Inst. Nac. Inv. biológico - pesqueras 1: 405-419 (Diciembre 1965).
- Marmontel, M., 1995. Age and reproduction in female Florida manatees. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp.98-119.

- Marmontel, M., Odell, D. K., Reynolds, J. E., III, 1992. Reproductive biology of south American manatees. In: Hamlett, W. C. (Ed.), Reproductive biology of South American vertebrates. Springer-Verlag. Berlin, pp. 295-312.
- Montgomery, G. G., Best, R. C., Yamakoshi, M., 1981. A radio-tracking study of the Amazonian manatee *Trichechus inunguis* (Mammalia:Sirenia). *Biotropica* 13(2):81-85.
- Morales V., B., Olivera G., L. D., Ramírez G., P., 1996. Conservación de los manatíes en la región del Caribe de México y Belice. Reporte Técnico No. MM-01. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ref. N9301-2017. U.S. Marine Mammal Commission Contract T10155657, 131 pp.
- O'Shea, T. J., Beck, C. A., Bonde, R. K., Kochman, H. I., Odell, D. K., 1985. An analysis of manatee mortality patterns in Florida, 1976-81. *Journal of Wildlife Management* 49(1):1-11
- O'Shea, T. J., Kochman, H. I., 1990. Florida manatees: distribution, geographically referenced data sets, and ecological and behavioral aspects of habitat use. In: Reynolds III, J. E., Haddad, K. D. (Eds.), Florida Marine Research Publication No. 49. Florida Marine Research Institute, pp. 11-22.
- O'Shea, T. J., Hartley, W. C., 1995. Reproduction and early age survival of manatees at Blue Spring, upper St. Johns River, Florida. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 157-170.
- O'Shea, T. J., Langtimm, C. A., 1995. Estimation of survival of adult Florida manatees in the Crystal River, at Blue Spring, and on the Atlantic coast. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 194-222.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1996. Decreto por el cual se declara Area Natural Protegida la región conocida como Bahía de Chetumal, en la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario del Manatí, ubicada en el Municipio de Othón P. Blanco, Estado de Quintana Roo. Organó del Gobierno de Quintana Roo. Tomo III, No. 24. Extraordinario, 5ª. Época, Octubre 24 de 1996, 10 pp.
- Rathbun, G.B., Reid, J. P., Carowan, G., 1990. Distribution and movement patterns of manatees (*Trichechus manatus*) in Northwestern Peninsular Florida. Florida Marine Research Publication 48:1-33.
- Rathbun, G. B., Reid, J. P., Bonde, R. K., Powell, J. A., 1995. Reproduction in free-ranging Florida manatees. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 135-156.
- Reid, J. P., Bonde, R. K., O'Shea, T. J., 1995. Reproduction and mortality of radio-tagged and recognizable manatees on the Atlantic coast of Florida In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population

- Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 171-191.
- Reynolds III, J. E., 1981. Aspects of the social behaviour and herd structure of a semi-isolated colony of West Indian manatees, *Trichechus manatus*. *Mammalia* 45(4) :431-451.
- Reynolds III, J. E., Wilcox, J. R., 1986. Distribution and abundance of the West Indian manatee *Trichechus manatus* around selected Florida power plants following winter cold fronts: 1984-85. *Biological Conservation* 38:103-113.
- Reynolds III, J. E., Wilcox, J. R., 1994. Observations of Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*) around selected power plants in winter. *Marine Mammal Science* 10(2):163-177.
- Shields, W. M., 1987. Dispersal and mating systems: Investigating their causal connections . In: Chepko S., B. D., Halpin, Z. T. (Eds.), *Mammalian dispersal patterns*. The University of Chicago Press, Ltd. London, pp. 3-24.
- Statutory Instrument, 1998. Corozal Bay Wildlife Sanctuary (Manatee) Order. National Parks System 48. Gazetted 2nd May, 1998. Belize, 3 pp.
- White, G.C., Garrot, R. A., 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, Inc., 138 pp.



## Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico

Benjamín Morales-Vela<sup>a,\*</sup>, David Olivera-Gómez<sup>b</sup>, John E. Reynolds III<sup>c</sup>,  
Galen B. Rathbun<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Apdo. Postal 424, C. P. 77049, Chetumal, Quintana Roo, Mexico

<sup>b</sup>Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada, Km 107 Carr. Tijuana — Ensenada, Apdo. Postal 2732, C.P. 22800, Ensenada, B.C., Mexico

<sup>c</sup>Marine Science Department, Eckerd College, St. Petersburg, FL 33711, USA

<sup>d</sup>Piedras Blancas Field Station, Western Ecological Research Center, US Geological Survey, San Simeon, CA 93452-0070, USA

<sup>e</sup>Department of Ornithology and Mammalogy, California Academy of Sciences, Golden Gate Park, San Francisco, CA 94118, USA

Received 2 May 1999; received in revised form 28 November 1999; accepted 23 December 1999

### Abstract

The nearshore coastal areas of Belize and of Chetumal Bay, Mexico, support one of the largest populations of manatees (*Trichechus manatus manatus*) in the Caribbean. In order to further document the distribution, relative abundance, habitat associations, and status of this population, we conducted three aerial surveys. The flights were done in January 1994, May 1994, and January 1995. Total manatee counts for each survey were 266, 207, and 171, respectively. Calves represented 7.4% of the grand total. Solitary manatees represented 62.8% of the total count. Manatees were numerous around the cays east of Belize City, in Placentia and Indian Hill lagoons, and in Chetumal Bay. Most manatees were observed in lagoons and rivers. Growing tourist activities should be assessed to avoid undesirable effects on manatees. Poaching and marketing of manatee products continues to jeopardize the animals in some areas. Current research and management activities are part of a cooperative international program to conserve the manatee in the Caribbean region. © 2000 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

**Keywords:** Manatee; Aerial surveys; Conservation; Belize; Mexico

### 1. Introduction

The West Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*) is protected in Belize by the Wildlife Protection Act of 1981 and in Mexico by the Ecological Act of 1994, under which it is classified as a species at risk of extinction. Historical reports suggest that the manatee population in Belize may have been larger than those of other Caribbean countries (Charnock, 1968, 1970; Charnock et al., 1974). More recently, O'Shea and Salisbury (1991) stated that Belize harbors the most important present day manatee population in the Caribbean region. Adjoining Belize to the north, Chetumal Bay, located in the southern part of the state of Quintana Roo, has the largest population of manatees on the

Caribbean coast of Mexico (Morales and Olivera, 1997). There is a continuous manatee habitat from Chetumal Bay southward throughout Belize (Morales and Olivera, 1994a). The importance of the Belize and southeastern Mexico coasts to manatees in Central America is underscored by Lefebvre et al. (1989) and Reynolds and Odell (1991).

Previous to our study, two aerial surveys were carried out to census manatees in Belize. They were conducted in September 1977 by Bengtson and Magor (1979) and in May 1988 by O'Shea and Salisbury (1991). In Quintana Roo, the first manatee aerial surveys were carried out in 1987 and 1988 by Colmenero and Zárate (1990). Additional surveys in Quintana Roo were conducted by Morales and Olivera (1994a). The surveys on which we report in this paper were implemented based on recommendations of participants at a Manatee Research and Management Workshop held in Chetumal, Mexico, in

\* Corresponding author.

E-mail address: bmorales@ecosur-qroo.mx (B. Morales-Vela).



September 1992. Participants, who included specialists on manatees or coastal habitat from Mexico, Belize, and the United States (Morales and Olivera, 1994b), agreed upon the importance of implementing manatee surveys of Chetumal Bay and Belize because of both the extensive manatee habitat and the reported high numbers of manatees in these areas.

The objectives of the surveys reported here were to determine manatee abundance, distribution, and preferred habitats. This information is required to effectively conserve the important West Indian manatee population in Belize and southeastern Mexico

## 2. Methods

### 2.1. General features of the study area

Our study area included coastal areas of Belize and Chetumal Bay (Fig. 1). The coast of Belize stretches approximately 280 km from the Rio Hondo, which forms the natural border with Mexico, to the Sarstoon River on the Guatemalan border. This area has many river mouths, coastal lagoons and inlets, and it is protected by barrier reefs and cays.

Belize has a tropical climate. The highest temperatures occur from May to September and humidity is highest on the coast from June to October, with a short dry period in August. From November to February the wind blows mainly from the north. Tropical storms and hurricanes appear from June to November.

Chetumal Bay is an estuary that covers an area of about 2450 km<sup>2</sup> (including the Belizean area). Its depth ranges from 1 to 7 m with a mean of 3 m. The salinity ranges from 8 to 18 ppt and the water temperature ranges from 24.5 to 31.0°C (Morales et al., 1996). The main aquatic vegetation in the bay includes *Bathypora* sp., *Chara* sp., *Najas marina*, *Ruppia maritima*, *Halodule wrightii*, and *Thalassia testudinum* (Espinoza, 1996; Morales et al., 1996).

Chetumal Bay is fed by several fresh water rivers, including the Rio Hondo and New River. Other sources of fresh water include many small artesian springs, and a few larger ones with diameters of more than 30 m, which produce somewhat saline water. None of the springs has been well studied.

### 2.2. Survey methods

We conducted aerial surveys from high winged Cessna Sky Master or Cessna 206 aircraft in January and May 1994, and January 1995 (Table 1). Our three surveys were carried out along the entire coast of Belize and Chetumal Bay at altitudes of 150 to 180 m and airspeeds of 130–150 km h. We followed the protocol of Lefebvre (1995) for conducting safe aerial surveys.

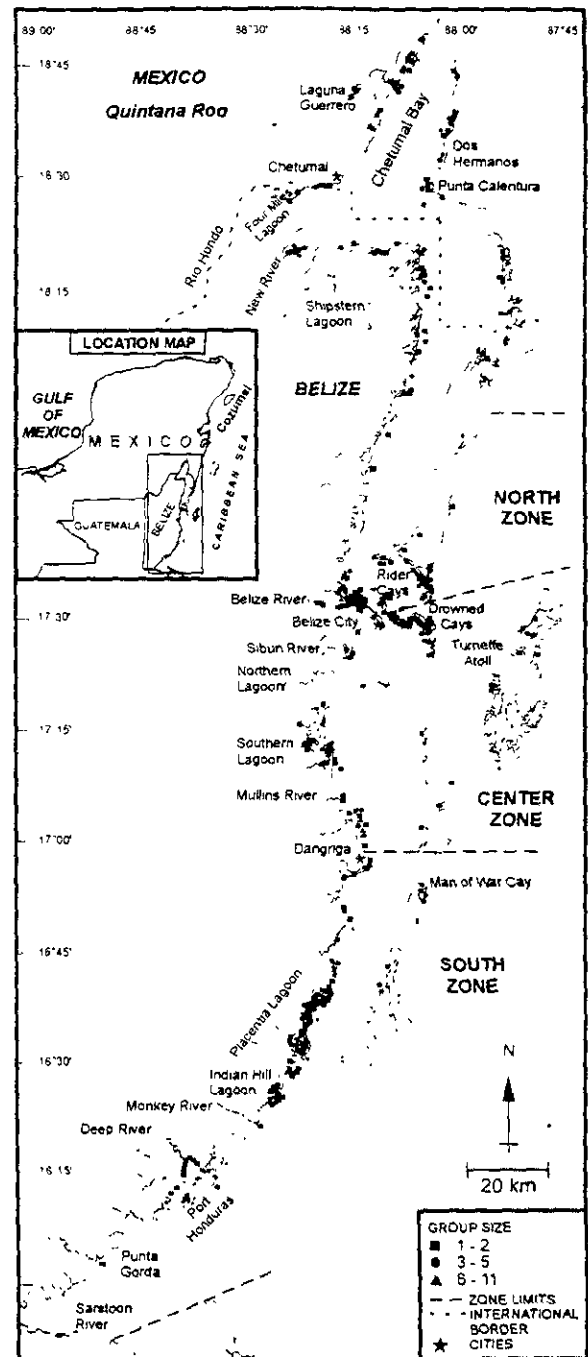


Fig. 1. The study area in Belize and Quintana Roo, Mexico. The three group size categories of manatee sightings that are illustrated (see key) represent the pooled data from three aerial surveys conducted in January and May 1994, and January 1995

Our aerial survey techniques were generally similar to those reported by Reynolds and Wilcox (1986) in Florida, O'Shea et al. (1988) in Venezuela; Mou et al. (1990) in Panama; and Morales and Olivera (1994a) in Chetumal Bay. Three or four observers participated in each survey; at least two observers on each flight had

Table 1  
General characteristics of the three aerial surveys carried out in Belize and Chetumal Bay, Mexico<sup>a</sup>

Survey	Days	Zone	Time	Aircraft	Overall conditions	General conditions
January 1994	27–29	Central	04:56	Sky Master	3	Winds SE, 10–15 knots, good visibility, except around Belize City
	30	South	03:11		3	
	31	North	03:17		2	Winds W–NW, 3–5 knots, good water visibility
		Total	11:24			
May 1994	9	South	02:20	Cessna 206	2	Winds E–SE, 7–9 knots, good visibility except around Belize City. Better visibility than the January 1994 survey in the lagoons
	10	Central	05:22		2	
	11	North	04:16		2	Winds E, 10–12 knots, generally good visibility
		Total	11:58			Turbid water in the Belizean part of Chetumal Bay
January 1995	12–13	Central	04:00	Cessna 206	3–4	Winds SE, 18 knots, poor visibility. Turbid water in coastal zone from Belize City to Gales Point
		South	03:09		4	Winds SE, 18 knots, poor visibility and turbid water
		North	04:46		3	Winds W–NW, 15–20 knots, fair visibility
		Total	11:55			

<sup>a</sup> Time represents the amount of time spent surveying each zone. Overall conditions for each part of the survey are rated on a scale of 1–5, where 1 denotes excellent conditions and 5 represents very poor conditions.

experience conducting manatee surveys. They sat on each side of the aircraft and maintained their position during the entire survey. To minimize observer fatigue each survey lasted no longer than 4 h. The right door of the aircraft was removed to allow better visibility. All observers wore polarized sunglasses. Observers also used hand-held tape recorders to record sighting information. The location of manatees was plotted on topographic maps (scale: Belize 1:350,000; Chetumal Bay 1:50,000), and also recorded using a Trimble Navigation, Ensign XL Global Position System (GPS) receiver.

When manatees were sighted the aircraft circled to obtain the most accurate count possible (variable effort recount method; Lefebvre and Kochman, 1991). We took photographs for later verification of counts. Manatees were classified as adults or calves. Those that were estimated to be less than 2 m long and were closely associated with a larger animal were considered to be calves. Large animals closely associated with calves were presumed to be females. Aggregations of two or more manatees (including female-calf pairs) were defined as groups.

### 2.3. Survey coverage

We arbitrarily divided the study area into North, Central, and South zones (Fig. 1) based on easily recognizable geographic features that allowed us to fly efficient aerial survey paths. The zones also allowed us to make spatial comparisons of our counts. The North Zone extended from the northern tip of Chetumal Bay to an imaginary line extending east from Rider Cays to just north of Turneffe Atoll. The Central Zone, which include the Belize river and its mouth, was delimited at

the southern end by a line extending east from Dangriga City. The South Zone terminated on the south side of the Sarstoon River. Our survey path followed shoreline contours 500–800 m offshore. We surveyed rivers upstream and then downstream by flying over land following their course so that a clear view of the water from the near bank to mid-river was obtained. We circled the central portions of large lagoons to ensure complete coverage, and cays and their small inner lagoons were also circled. For example, in the North Zone (primarily Chetumal Bay; Fig. 1) the surveys included the Laguna Guerrero system, the lower 6 km of the Rio Hondo, Four Miles Lagoon, and offshore cays. The entire shoreline of every large cay, and the coastline and lagoons of Turneffe Atoll in the Central Zone, was surveyed. South of Dangriga (South Zone) the survey followed a zig-zag pattern and only the larger cays were surveyed. During the second and third surveys (but not the first) we included the lower 5 km of the New River, 6–7 km of the Belize River, 3 km of the Sibun River, 2 km of Mahogany Creek (located off Southern Lagoon), 3 km of the Deep River (near Port Honduras), and 7 km of the Sarstoon River. Only the Rio Hondo was surveyed during the first survey.

We divided the study area into five habitat types: river, lagoon, coast, cay, and Turneffe Atoll. Rivers included their mouths. Small cays located within 1 km of the mainland were considered as coastal habitat. Manatees observed in channels traveling towards a lagoon were considered lagoon sightings. The flying time over each habitat was recorded.

We used the Kruskal–Wallis Test by single classification to analyze the frequency of manatee sightings in

each of the zones, and a one-way ANOVA to compare the occurrence of manatees in each habitat. A least-significant-difference (LSD) test was applied when significant differences were detected. The number of manatees observed per survey hour (Index of Relative Abundance, IRA) was used as the dependent variable; it was log transformed to normalize the residual plot and to stabilize the variances.

### 3. Results

#### 3.1. Distribution

During the January 1994 survey, 266 manatees (252 adults + 14 calves) were sighted in 11 h and 24 min of survey time (IRA was 23.3 manatees per flight h). During the May 1994 survey, 207 manatees (187 adults + 20 calves) were counted in 11 h and 58 min (IRA was 17.3 manatees per flight h). During the January 1995 survey, 171 manatees (157 adults + 14 calves) were counted in 11 h and 55 min (IRA was 14.3 manatees per flight h). During the first survey the only river surveyed was the Rio Hondo. In the latter two surveys the lower reaches of the other principal rivers in all three zones were surveyed. The total number of manatees counted in the three surveys was 644 with a mean of  $214.7 \pm 48$  and a coefficient of variation (CV) of 22.4%.

The number of manatees sighted per survey in each zone is shown in Table 2. Mean number of manatees sighted in the three zones were not significantly different (Kruskal–Wallis:  $H = 1.6889$ ,  $P = 0.4298$ ). The most consistent counts occurred in the North Zone (CV was 21.0%). The South Zone had the highest variation (CV was 70.3%).

Manatees occurred along much of the coast of Chetumal Bay and Belize (Fig. 1). Areas where manatees concentrated included Laguna Guerrero; Dos Hermanos and Rocky Point in Chetumal Bay, the cays near

Belize City, the Belize River, Southern Lagoon, the Dangriga area, Placencia Lagoon, Indian Hill Lagoon, and Port Honduras. In all three surveys only one manatee was seen in Northern Lagoon, and only 11 manatees were observed at Turneffe Atoll.

#### 3.2. Calves

During the three surveys, calves represented 5.3% ( $n = 14$ ); 9.7% ( $n = 20$ ) and 8.2% ( $n = 14$ ) of the total manatees observed on each census. The overall percentage of sighted calves was 7.4%. Placencia and Indian Hill lagoons and the cays east of Belize City were the most important areas for calves (Table 3). Placencia and Indian Hill lagoons contained 29.2% ( $n = 14$ ) of all calves sighted, whereas waters around the cays east of Belize City contained 22.9% ( $n = 11$ ) of all calves sighted.

#### 3.3. Groups

The frequency distribution of different group sizes sighted during the surveys is shown in Fig. 2. The proportion of solitary manatees was 62.8% and of groups was 37.2%. Mean group size  $\pm$  one standard deviation for all surveys was  $1.7 \pm 1.5$  manatees. The number of cow-calf pairs included in each group category was: 26 in groups of 2 manatees, 5 in groups of 3, 4 in groups of 4, 4 in groups of 5, 4 in groups of 7, 1 in a group of 9, 3 in groups of 10, and 1 in a group of 11.

During our first survey, 76 of 130 sightings (58.5%) were of solitary individuals and 54 sightings (41.5%) were of groups. Mean group size was  $2.0 \pm 1.9$ , with the largest groups (9 to 11 manatees) being located in Chetumal Bay, near Dangriga and in Indian Hill Lagoon (Fig. 1). In the second survey, 81 of 127 sightings (63.8%) were of solitary individuals and 46 sightings (36.2%) were of groups. Mean group size was  $1.6 \pm 1.1$ , and the largest group was 9 manatees located in Indian Hill Lagoon (Fig. 1). In the third survey, 74 of 111 sightings (66.7%) were of solitary individuals and 37 (33.3%) were of groups. Mean group size was  $1.5 \pm 1.1$ , and the largest group was 7 manatees located near the Belize River (Fig. 1).

#### 3.4. Habitat use

The relative abundance of manatees in the five habitat types (river, lagoon, coast, cay, and Turneffe Atoll) was significantly different (ANOVA;  $F_5 = 18.851$ ,  $P = 0.0001$ ; Fig. 3). Using the LSD test ( $P < 0.05$ ), we found that Turneffe Atoll habitat was significantly different from the other four. Rivers were different from cays, and lagoons were different from cays. The same test showed homogeneity between coast and cay habitats and between coast and lagoon habitats.

Table 2  
Number of manatees and percentage sighted per survey in each zone<sup>a</sup>

Survey	North	Central	South	Total
January 1994	103	46	117	266
	38.7%	17.3%	44.0%	100%
May 1994	91	85	31	207
	44.0%	41.1%	14.9%	100%
January 1995	67	57	47	171
	39.2%	33.3%	27.5%	100%
$\bar{X}$	87.0	62.7	65.0	214.7
SD	18.3	20.0	45.7	48.0
CV	21.0%	31.9%	70.3%	22.4%

<sup>a</sup> Mean ( $\bar{X}$ ), standard deviation (SD) and coefficient of variation (CV) are given for each zone

Table 3

Number of adult manatees (*n*), calves (in parentheses), and percent of survey totals (%) in different areas of Belize and Chetumal Bay, Mexico<sup>a</sup>

Area	September 1977		May 1989		January 1994		May 1994		January 1995	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Chetumal Bay system	NS	–	NS	–	68 (3)	25.6 (1.1)	44 (1)	21.3 (0.5)	36 (1)	21.0 (0.6)
Four Miles Lagoon	NS	–	1	1.0	3	1.1	0	0.0	NS	–
New River	12	16.2	7 (1)	6.9 (1.0)	0*	0.0	2* (1)	1.0 (0.5)	3*	1.7
Belize River	2	2.7	16 (2)	15.7 (2.0)	NS	–	20 (4)	9.7 (1.9)	16 (2)	9.4 (1.2)
Cays east of Belize City	12 (2)	16.2 (2.7)	10 (1)	9.8 (1.0)	30 (2)	11.3 (0.7)	60 (5)	29.0 (2.4)	31 (4)	18.1 (2.3)
Placencia and Indian Hill lagoons	10 (1)	13.5 (1.3)	8 (1)	7.8 (1.0)	65 (6)	24.4 (2.3)	20 (4)	9.7 (1.9)	26 (4)	15.2 (2.3)
Southern Lagoon	31 (4)	41.9 (5.4)	55	53.9	3	1.1	16 (2)	7.7 (1.0)	5	2.9
Dangriga coastal area	NS	–	NS	–	52 (2)	19.5 (0.7)	4 (1)	1.9 (0.5)	5	2.9
Port Honduras	0	0.0	NS	–	7	2.6	4	1.9	9	5.3
South of Port Honduras to Sarstoon River	NS	–	NS	–	1	0.4	1	0.5	0	0.0
Other areas of Belize	NS	–	NS	–	23 (10)	8.6 (0.4)	16 (2)	7.7 (1.0)	26 (3)	15.2 (1.7)
Total	67 (7)	90.6 (9.4)	97 (5)	95.0 (5.0)	252 (14)	94.7 (5.3)	187 (20)	90.4 (9.6)	157 (14)	91.8 (8.2)

<sup>a</sup> Data from Bengtson and Magor (1979) in September 1977, O'Shea and Salisbury (1991) in May 1989, and in this study. NS indicates that an area was not surveyed. An asterisk (\*) indicates that an area was incompletely surveyed. Note that differences in survey coverage and methods make meaningful comparisons difficult (see text).

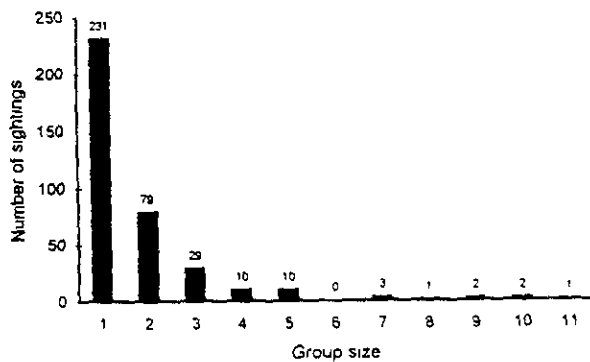


Fig. 2. Frequency distribution of different sized groups of manatees observed during aerial surveys of Belize and Quintana Roo, Mexico, in 1994 and 1995. Lone cow-calf pairs were considered to be a group of two manatees. The total number of sightings was 368.

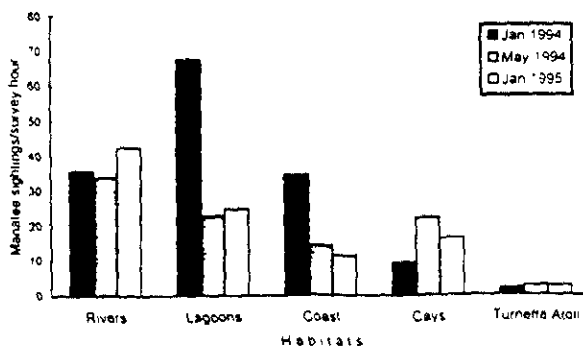


Fig. 3. Use of different habitats by manatees observed during three aerial surveys conducted in Belize and Chetumal Bay, Mexico, in 1994 and 1995.

### 3.5. Manatee mortality

Only one dead manatee was observed in our surveys. It was entangled in a fishing net south of Belize City, near the coast.

## 4. Discussion

### 4.1. Survey design

After our first survey, we adjusted the survey route to include the lower areas of rivers. This modification should be considered as we discuss our results.

The South Zone had the highest CV (70.3%), mainly because of the variation in counts in three locations: Placencia and Indian Hill lagoons and in the Dangriga coastal area (Table 3). This may be due, at least in part, to seasonal changes in use of the area by manatees and to poor water clarity in the South Zone. Such conditions suggest that survey methods need modifications in future aerial surveys of Belize (see Recommendations section).

### 4.2. Comparisons with previous surveys

There have been few surveys of manatees in waters of Belize and southeastern Mexico. The small sample size, spread over a number of years, makes it difficult to compare results of the different surveys. The problem is compounded by the fact that the surveys covered different geographic areas, at different times of year, and

employed somewhat different survey methods. Although it seems appropriate to attempt to compare findings of various surveys to try to determine whether habitat use or manatee counts have changed, the following comparisons should be viewed with some caution.

Table 3 compares results of our study with those done by Bengtson and Magor (1979) and O'Shea and Salisbury (1991). The most striking features of the data are that our surveys produced higher counts than did the earlier surveys, but as noted above, the lack of consistency makes comparisons difficult. There are several other factors besides survey routes that may help explain the different results among these surveys. In 1977, the survey altitude was 264 m, rather than the 150–180 m we used. In 1989, a helicopter was used instead of a fixed wing airplane. However, Rathbun (1988) compared helicopter and airplane surveys in Florida and found them to be comparable; thus, aircraft type may not have been a significant variable. Also, only a few areas were surveyed in 1989: Four Mile Lagoon, New River, lower Belize River, cays offshore of Belize City, Southern Lagoon, and Placencia Lagoon. In our surveys we were able to document that some of these areas continue to be important for manatees: the lower part of Belize River, the cays near Belize City, and Southern and Placencia lagoons (Fig. 1). In 1977 and 1989, Southern Lagoon was considered the most important area for manatees, but this was not true in our surveys. We found the greatest concentration of manatees in the cays near Belize City and in Placencia Lagoon. We also found numerous manatees in Indian Hill Lagoon.

The low number of manatees in Southern Lagoon during our surveys in January 1994 and 1995 might be the result of seasonal changes in the water level of the lagoon or possibly temporal changes in temperature and salinity. When water levels drop either due to the dry season (late spring) or to seasonal (winter) high northerly winds, manatees may leave certain coastal lagoons. For example, Laguna Guerrero (Fig. 1) is used less frequently by manatees in winter, when water levels are low, than at most other times of year. In winter the manatees may leave to avoid being trapped when the shallow and narrow channel between the lagoon and the deeper waters of Chetumal Bay becomes constricted (Rivas, 1997). Southern Lagoon is connected to the sea by a similarly narrow channel where water levels may be strongly affected in the windy season; the previous surveys which produced high counts in Southern Lagoon were conducted in the rainy season (i.e. September; Bengtson and Magor, 1979) and dry season (i.e. May; O'Shea and Salisbury, 1991). Variations of temperature, salinity, and light intensity affect aquatic plant distribution and abundance (Dawes, 1986). The availability of plant food resources can influence the distribution and abundance of manatees.

Another possible reason why counts in Southern Lagoon were low is that manatee abundance and distribution may have responded to increasing human activity. For example, Augusta (1992) indicated that the number of speed boats has recently increased in this area.

Northern Lagoon (Fig. 1) is used infrequently by manatees. We observed only one manatee in our surveys. O'Shea and Salisbury (1991) did not observe any manatees in this lagoon.

#### 4.3. Calves

Our overall percentage was 7.4%, which is below the 8.9 and 10.6% that have been previously documented (Bengtson and Magor, 1979; O'Shea and Salisbury, 1991). Counting calves is difficult even under the best of conditions, and therefore we do not believe the differences in these figures are very meaningful. In addition, the 7–10% range compares favorably with percentages from several areas in Florida where manatee populations are thought to be healthy (Rathbun et al., 1990). We agree with the suggestion of O'Shea and Salisbury (1991) that in Belize manatee reproduction and recruitment appear to be adequate to maintain the population. We now extend this conclusion to Chetumal Bay.

During our surveys there was no evidence of twinning, but during other surveys, Morales (unpubl. data) once sighted a female with two, equally-small calves in Chetumal Bay. The presence of twins also has been reported in Belize (Charnock, 1968), and twinning occurs about 1.4% of the time in free-ranging manatees in Florida (Rathbun et al., 1995).

#### 4.4. Habitat distribution

The cays near Belize City are an important area for manatees. This is especially true for the cays that have protected channels or small springs where the manatees take refuge.

Many springs of different widths and depths are distributed along some parts of the coast and are often used by manatees. One is located near Chicken Cay, a few km north of Belize City. Manatees were observed in this spring during our surveys. Another is Punta Calentura spring in Chetumal Bay, which is about 20 m across and 11 m deep; the annual water temperature range is from 24 to 31°C in the upper 3 m and the salinity range is from 11 to 17.5 ppt. The bottom of this spring lacks vegetation and the deeper waters are completely clear, with water temperatures between 21 to 22°C, and salinities of 24 to 26 ppt (Morales et al., 1996). The stratified temperature and salinity create a lens that prevents manatees below 3 m deep from being seen during aerial surveys. The reason manatees use this or other springs is unknown.

Manatees also use offshore cays and other areas. Our surveys of Turneffe Atoll were the first for this location. We observed 11 manatees including a cow/calf pair in the first survey. This large atoll is surrounded by waters up to 150 m deep and is located 11 km of the barrier reef. In Mexico, recreational divers recently reported manatees at the southern part of Cozumel Island, which is located 16.8 km offshore. Cozumel Island is surrounded by waters 400–500 m deep, and currents flow around the island at about 2–3 knots.

#### 4.5. Manatee mortality

Occasionally, manatees are accidentally killed in fishing nets in Belize (O'Shea and Salisbury, 1991), but this type of incidental mortality does not appear to be common because only one dead manatee was reported during our survey period. In Chetumal Bay from 1990 to 1996, there were two records of manatees being killed by fishing activities (Morales et al., 1996).

Poaching of manatees for meat in Belize, however, is a serious problem. Hunting pressure in southern Belize was reported by McCarthy (1986) to be the result of poachers from Guatemala and possibly Honduras. This illegal hunting is still practiced. In August–September 1995, at least 35 manatee carcasses were found in the Port Honduras area (Bonde and Potter, 1995). In October 1996, a second report of poaching in Belize documented another nine dead manatees in Punta Gorda, south of Port Honduras (Maheia, 1997). Both areas deserve special attention because of illegal manatee hunting. Specific recommendations to stop the poaching are included in the Belize Manatee Recovery Plan (Aul, 1998).

In Chetumal and other cities of the Yucatan Peninsula, the commercial use of manatee bones was frequently practiced as recently as 1994 (Morales and Olivera, 1992). Articles such as earrings, necklaces, and small sculptures made of manatee ribs were common in local markets. Recently, souvenirs made from manatee bones have begun to appear for sale in Belize.

## 5. Recommendations

### 5.1. Manatee surveys

We recommend that the manatee population occupying Chetumal Bay and Belizean coastal waters be surveyed at least twice a year, using the following general guidelines:

- Based on past surveys, develop a consistent survey route and survey methods (aircraft type, airspeed, altitude, number of observers, etc.) that can be maintained over time to allow meaningful comparisons to be made among surveys.
- Avoid conducting surveys when winds exceed 14 knots. We believe that the low number of manatees counted in the third survey (January 1995) could have been a consequence of strong winds and turbid water (Table 1). In general, schedule surveys at times when winds are minimal and when water clarity is optimal.
- In the North Zone, the survey should include the New River and the southern boundary should be extended to the southern end of Ambergris Cay (San Pedro).
- Northern Lagoon and Turneffe Atoll should not be included in each survey because manatees do not appear to use these locations often. By dropping these sites, more survey time can be devoted to those locations frequented by manatees, including Southern Lagoon and the Dangriga area, where manatee numbers have shown greatest variation. The large variation among recounts in areas of high manatee density requires increasing the number of airplane passes, as suggested by Lefebvre and Kochman (1991). Since distribution of manatees could shift over time, lower level monitoring of Northern Lagoon and Turneffe Atoll should still be conducted at least once a year during the dry season (May is preferred).
- The survey effort should be increased around the rivers and mouths of Mullins River, North Stann Creek (Dangriga), Mango and Big Creek (Placencia Lagoon), Monkey River, Payne's Creek, and Deep River.

### 5.2. International cooperation

Since 1996, the National Manatee Working Group of Belize has collaborated with specialists from Mexico and the United States to develop research priorities, educational programs, and conservation efforts designed to stop manatee poaching. This initiative should be extended to Guatemala, Honduras, Nicaragua, and Costa Rica to create an international working group that meets annually. This group would promote regional efforts to stop hunting of manatees and to create better research and educational programs. In this way, a cooperative approach to conserving the largest West Indian manatee population outside Florida (USA) would be built.

International cooperation among Belize, Guatemala and Honduras will be essential to stop manatee poaching activities in Port Honduras. In all of these countries, as well as neighboring ones that develop manatee research/conservation programs, a program to examine manatee carcasses for biological information (e.g. life history data, gut contents, disease) and cause of death is recommended.

At the International Marine Mammal Meeting held in Chetumal, Mexico, in April 1996, a group of specialists

- Morales, V.B., Olivera, L.D., 1992. De sirenas a manatíes Cuaderno de divulgación 4. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo, México.
- Morales V.B., Olivera, L.D., 1994a. Distribución espacial y estimación poblacional de los manatíes en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Rev. Inv. Cient. Univ. Autón. B.C.S. Ser. Ciencias del Mar* 2 (No. especial SOMEMMA, 2), 27–32.
- Morales, V.B., Olivera, L.D., 1994b. Mamíferos acuáticos y su protección en la zona fronteriza México-Belice. In: Morales, S.E. (Ed.), *Estudio Integral de la Frontera México-Belice: recursos Naturales*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo, México, pp. 197–211.
- Morales, V.B., Olivera, L.D., 1997. Distribución del manatí (*Trichechus manatus*) en la costa norte y centro-norte del estado de Quintana Roo, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 68, 153–164.
- Morales V.B., Olivera, L.D., Ramírez, P., 1996. Conservación de los manatíes en la región del Caribe de México y Belice. Reporte Técnico No. MM-01, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, ref. N9301-2017 US Marine Mammal Commission Contract T10155657.
- Mou, S.L., Chen, H.D., Bonde, R.K., O'Shea, T.J., 1990. Distribution and status of manatees (*Trichechus manatus*) in Panama. *Mar. Mamm. Sci.* 6, 234–241.
- O'Shea, T.J., Saltsbury, C.A., 1991. Belize, a last stronghold for manatees in the Caribbean. *Oryx* 25 (3), 156–164.
- O'Shea, T.J., Correa, M., Ludlow, M.E., Robinson, J.G., 1988. Distribution, status, and traditional significance of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*) in Venezuela. *Biological Conservation* 46, 281–301.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1996. Decreto por el cual se declara Área Natural Protegida la región conocida como Bahía de Chetumal, en la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario del Manatí, ubicada en el Municipio de Othón P. Blanco, Estado de Quintana Roo. In: *Organismo del Gobierno de Quintana Roo, Vol. III (24), Extraordinario*, 5<sup>a</sup> 24 October 1996.
- Rathbun, G.B., 1988. Fixed-wing airplane versus helicopter surveys of manatees (*Trichechus manatus*). *Mar. Mamm. Sci.* 4 (1), 71–75.
- Rathbun, G.B., Reid, J.P., Carowan, G., 1990. Distribution and movement patterns of manatees (*Trichechus manatus*) in North-western Peninsular Florida. *Florida Marine Research Publications Florida Marine Research Institute* 48, 1–33.
- Rathbun, G.B., Reid, J.P., Bonde, R.K., Powell, J.A., 1995. Reproduction in free-ranging Florida manatees. In: O'Shea, T.J., Ackerman, B.B., Percival, H.F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee*. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 135–156.
- Reynolds III, J.E., 1999. Efforts to conserve the manatees. In: Twiss, J.R., Reeves, R.R. (Eds.), *Conservation and Management of Marine Mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 267–295.
- Reynolds III, J.E., Odell, D.K., 1991. *Manatees and Dugongs*. Facts on File, New York.
- Reynolds III, J.E., Wilcox, J.R., 1986. Distribution and abundance of the West Indian manatee around selected Florida power plants following winter cold fronts: 1984–1985. *Biological Conservation* 38, 103–113.
- Reynolds III, J.E., Szelistowski, W.A., León, M.A., 1995. Status and conservation of manatees *Trichechus manatus manatus* in Costa Rica. *Biological Conservation* 71, 193–196.
- Rivas H.G., 1997. Contribución al conocimiento de la distribución y conducta del manatí, *Trichechus manatus manatus*, Linnaeus, 1758, en el Sistema Lagunar Guerrero, Bahía de Chetumal, México. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.
- Statutory Instrument, 1998. Corozal Bay Wildlife Sanctuary (Manatee) Order. National Parks System 48. Gazetted 2 May 1998, Belize.

### **3f. Mortandad de manatíes en Quintana Roo**

**Benjamín Morales Vela**

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal.  
Carr. Chetumal-Bacalar km. 2, Zona Industrial No. 2.  
C. P. 77049. Chetumal, Quintana Roo, México.

#### **Introducción**

Desde 1990 se inició una base de datos para registrar a los manatíes muertos principalmente en la bahía de Chetumal (BCH), con algunos reportes para todo el estado de Quintana Roo. Es muy probable que por la falta de cobertura, varios animales muertos en la BCH no estén incluidos. Dada la dificultad de encontrar cadáveres frescos de manatíes, el trabajo se ha centrado principalmente en la colecta ósea, la cual está depositada en la colección ósea de mamíferos marinos de El Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal.

#### **Métodos**

Los datos de cadáveres incluyen tanto a los animales observados como a los informados por terceras personas. La base de datos se desarrolló en Microsoft Access con los siguientes campos: Fecha, número de cadáveres, sexo, clase de edad (A = adulto, J = joven, C = cría), longitud total, ubicación, estado de descomposición y causa posible de muerte.

En la BCH, los cadáveres se detectaron principalmente por la presencia de zopilotes o durante recorridos no planeados cerca de las orillas de manglares, la cobertura fue principalmente sobre la costa norte y oeste de la BCH, incluyendo laguna Guerrero y de manera esporádica en el río Hondo. En la costa sur de la BCH (área de Belice) no se realizaron recorridos.



Las autoridades estatales y federales y la dirección de la reserva de Sian Ka'an, ubicada en la costa centro de Quintana Roo, tienen conocimiento de esta base de datos, lo que permitió tener cobertura general sobre la costa norte y centro de Quintana Roo así como del río Hondo.

## **Resultados**

De 1990 al año 2000 se han registrado 21 cadáveres de manatíes, 19 en la BCH, uno en Punta Herrero (Bahía Espiritu Santo) y otro en la caleta Xei-Ha. Sus sexos y clases de edad fueron: cinco machos (1 A, 1 J, 3 C), seis hembras (4 A, 1 J, 1 C) y 10 no fueron determinados (7 A, 2 J, 1 C) por estar en avanzado estado de descomposición o por haber obtenido sólo el esqueleto.

En cinco cadáveres (3 A, 2 J) la causa de muerte fue por actividad humana; dos tuvieron rastros de haber quedado atorados en red, un joven murieron por golpe de embarcación y otro joven fue cazado en Punta Herrero. Cuatro cadáveres probablemente fueron por causa natural y en 12 casos no se pudo definir la causa de muerte por haber encontrado sólo el esqueleto o estar en avanzado estado de descomposición, en un caso no el cadáver no fue revisado (Cuadro 1).

## **Discusión**

El clima caliente y húmedo que existe en Quintana Roo y la poca accesibilidad a las áreas de presencia de manatíes, hacen difícil encontrar cadáveres de manatíes en buen estado, que permitan hacer un diagnóstico confiable de la posible causa de muerte y para la colecta de muestras de tejidos,

parásitos y contenido alimenticio.

La muestra agrupa a 12 adultos, cuatro jóvenes y cinco crías, esta mayor proporción de adultos es probable se deba a que son más visibles, sobre todo en las áreas de manglar. También el número de zopilotes reunidos es mayor que en crías, lo que los hace más obvios.

Cuadro 1. Mortandad de manatíes en Quintana Roo de 1990 al 2000. En el caso de algunas crías se indica su longitud en centímetros. Ind: Indeterminado.

Año	No.	Sexo	Edad	Ubicación	Estado del animal	Causa posible de muerte
1990	1	ind	A	Canales L. Guerrero, BCH	Huesos	ind
	1	ind	A	Canales L. Guerrero, BCH	Huesos	ind
	1	ind	A	Sureste de BCH	Conservado	Redes
	1	ind	A	Río Hondo	Descompuesto	Golpe de embarcación
1991	1	M	J	L. Guerrero, BCH	Moderado	ind
	1	ind	J	Punta Herrero	Conservado	Caza
1992	1	ind	J	BCH	Huesos	ind
	1	Ind	A	Río Cacayuc, BCH	Huesos	ind
	1	H	A	BCH	Moderado	Natural
	1	H	C 142 cm	L. Guerrero, BCH	Moderado	Natural
	1	ind	A	Ensenada Punta Lagarto, BCH	Huesos	ind
1993	1	H	A	Muelle fiscal, Chetumal	Descompuesto	ind
1994	0					
1995	1	H	A	Ensenada Punta Lagarto, BCH	Descompuesto	ind
1996	1	M	A	L. Guerrero, BCH	Descompuesto	Redes
	1	M	C 128 cm	Raudales	Descompuesto	Natural
	1	ind	C	Barra, BCH	Huesos	ind
1997	1	M	C 114 cm	Xel - Ha	Vivo	Natural
1998	1	M	C	L. Guerrero, BCH	Descompuesto	ind
	1	ind	A	I. Tamalcab, BCH	Huesos	ind
1999	1	H	J	Edificio Congreso, Chetumal	Moderado	Golpe de Embarcación
2000	1	H	A	Muelle Fiscal, Chetumal	Moderado	ind

La muerte de manatíes por actividad humana representó el 24 % de la muestra colectada, uno de ellos fue cazado en el poblado pesquero de Punta Herrero en 1991. Esta información la proporcionó el Sr. Tacho Hoil, un viejo pescador de esa comunidad que se le entrevistó en 1992. El manatí cazado fue consumido localmente; después de esa fecha, no volvieron a cazar otro manatí. El Sr. Hoil comentó que todavía en 1982 y tiempo antes era relativamente común cazarlos para consumo local, también llevaban la carne a vender a Chetumal cuando visitaban a sus familiares. Esta práctica de caza se detuvo a principios de los 90's en Quintana Roo.

En BCH las redes mal colocadas siguen siendo un problema que causa ocasionalmente muertes accidentales de el manatíes. En nuestra muestra representa el 9.5 %. Estas redes, de hasta 300 m de largo, se siguen colocando en áreas someras y de presencia constante de manatíes, como lo es la zona norte de la BCH.

Los dos manatíes muertos por golpe de embarcación, se localizaron en los alrededores de la zona de muelles de la ciudad de Chetumal. La Armada de México y el Club Náutico de Chetumal tienen barcos y lanchas de diferente tamaño que regularmente transitan en esta zona y en el río Hondo. Por lo que la señalización de las áreas de presencia de manatíes y la regulación de la velocidad de las lanchas son actividades prioritarias a realizar en la BCH. Por el momento, la dirección de la reserva Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal, no cuenta con presupuesto para desarrollar estas y otras actividades básicas.

## Capítulo 4. Discusión

### Distribución espacial

La distribución espacial de los manatíes en Quintana Roo y Belice presentó dos tendencias generales: a) es primariamente costera y tiene relación con la presencia de agua de baja salinidad y con áreas someras y protegidas de los vientos y b) existe un gradiente de concentración de manatíes que va de menor número de animales distribuidos en el extremo norte de Quintana Roo y extremo sur de Belice, a una mayor concentración de manatíes en el área central, comprendida entre BCH y laguna Indian Hill, en Belice (Capítulo 3a, 1Figura 1; , Capítulo 3e, Figura 1).

Pasemos al análisis de la primera tendencia. Estas características ambientales de presencia de agua de baja salinidad y con áreas someras y protegidas de los vientos en Quintana Roo se presentan principalmente en lugares como: cenotes con conexión directa al mar, ensenadas, bahías, estuarios, lagunas y ríos; en Belice, se presentan principalmente en ríos y lagunas y se extiende sobre la costa, cayos e islas presentes en la zona central y sur de Belice. Los cayos e islas de tamaño grande y mediano, que son parte de la barrera de arrecife de Belice, ofrecen zonas protegidas para los manatíes (Capítulo 3e); este tipo de refugios naturales no existen cerca de las costas de Quintana.

En BCH Axis *et al.* (1998), observaron que la distribución espacial de los manatíes se veía afectada moderadamente por variables ambientales como salinidad y profundidad y, con mayor importancia, por cambios drásticos en la

intensidad del viento y la disponibilidad de vegetación acuática. En Quintana Roo los manatíes se encuentran concentrados principalmente en tres áreas: BCH, las dos bahías existentes en la reserva de Sian Ka'an y en las caletas y cenotes ubicados entre Tulúm y Playa del Carmen (Capítulo 3a). Todas ellas presentan aguas de baja salinidad, áreas someras y ofrecen protección de los vientos y al oleaje. También, con frecuencia se observan manatíes solos o en pequeños grupos en la laguna arrecifal ubicada entre los poblados de Xcalak, México y San Pedro, Belice (Capítulo 2, Figura 1).

En Belice, los manatíes están concentrados principalmente en ríos, lagunas, en la costa en zonas cercanas a desembocaduras de ríos y lagunas y en los grandes cayos frente al río Belice (Charnock-Wilson 1968; Capítulo 3e). Esta mayor presencia de manatíes sobre la costa de Belice, comparada con la observada en Quintana Roo, parece tener relación con la mayor protección costera que ofrece el arrecife en Belice. La mayor parte de sus 322 km de costa, está protegida por el arrecife y numerosas islas y cayos de distinto tamaño, permitiendo que las aguas entre la costa y el arrecife sean calmas, con poca corriente y con profundidades no mayores de 8 a 9 m (Charnock-Wilson 1968).

Por ser herbívoros, a los manatíes les resulta muy atractivas las áreas con acceso a aguas de diferente grado de salinidad, que les ofrecen la posibilidad de alimentarse de una amplia variedad de vegetación acuática de agua dulce y marina, disponible a no más de 4 m de profundidad (Hartman 1979). En la costa de Quintana Roo, a profundidades menores de 4 m, dominan los pastos *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme* (Espinoza 1996). En la BCH,

con una profundidad media de  $3.0 \pm 1.3$  dominan las algas como *Batophora* sp., *Charas* sp., *Najas marina*, *Ruppia maritima* y los pastos *Thalassia testudinum* y *Halodule wrightii* (Morales et al., 1996). En Florida, los hábitats preferidos de los manatíes son los ríos, lagunas y estuarios, donde hay presencia de agua dulce (Hartman 1979; O'Shea y Kochman 1990).

La temperatura del agua es una variable ambiental importante para los manatíes en Florida. Durante los meses de invierno, las bajas temperaturas del agua confinan a los manatíes a refugios naturales de aguas termales y en las afluentes industriales de plantas eléctricas, con aguas de temperaturas mayores a los 20 ° C (Hartman 1979; Reynolds y Wilcox 1985; Packard et al., 1989; O'Shea y Kochman 1990). A temperaturas del agua menores a los 20° C, los manatíes aumentan su tasa metabólica y gasto energético y a menor temperatura pueden tener problemas más severos (Irvine 1983). La hipotermia parece ser la mayor causa natural de muerte de manatíes en Florida durante inviernos muy severos (O'Shea et al., 1985). En la BCH, la temperatura del agua mostró poca asociación con la presencia de manatíes (Axis et al., 1998). En enero la temperatura mínima superficial promedio es de 24.5 ° C, con una variación de 21 a 27 ° C (Morales et al., 1996). En las caletas de Xel-Ha y Xpu-Ha la temperatura en diferentes meses del año varía de 25 a 27 ° C (Ortega 1997); esto indica que en Quintana Roo la temperatura del agua no es una variable que regule la distribución temporal de los manatíes. Esta misma conclusión probablemente se puede extender a Belice.

Con relación a la segunda tendencia, de presentar un gradiente de concentración que va de menor número de animales en los extremos del área de

estudio que en su parte media, puede ser resultado de diferentes causas naturales y posiblemente humanas que es conveniente ver con detalle.

En el extremo norte de Quintana Roo, hay dos áreas con características ambientales adecuadas para los manatíes:

a) La primera es la laguna de Yalahau, a espaldas de Isla Holbox ( Figura 1), con importante aporte de agua continental en su interior, con canales rodeados de mangle y aguas calmas y someras. En entrevistas recientes con algunos viejos pescadores de Isla Holbox , comentan que hace 30 años era común observar manatíes en el interior de esta laguna, incluso formando grupos y también a hembras con cría y que ahora era raro ver uno. Reconocen como las principales causas de la disminución de manatíes a su antigua caza - la cual aparentemente no fue intensa pero sí una práctica constante por muchos años -, a la muerte accidental de manatíes en redes colocadas en las entradas de canales y rías del interior de la laguna y al incremento del número de lanchas de pesca y turísticas con motores de gasolina en el interior de la laguna (Morales *et al.*, 2000). En esta laguna, en diversos censos aéreos a partir de 1992 no se han tenido registros de manatíes (Morales *et al.*, 2000; Capítulo 3a).

b) La segunda área, es el sistema lagunar costero de Nichupte, ahora integrado a la zona turística de Cancún (Figura 1). En esta laguna, en los últimos dos años, se han tenido dos reportes de la presencia temporal de manatíes solitarios.

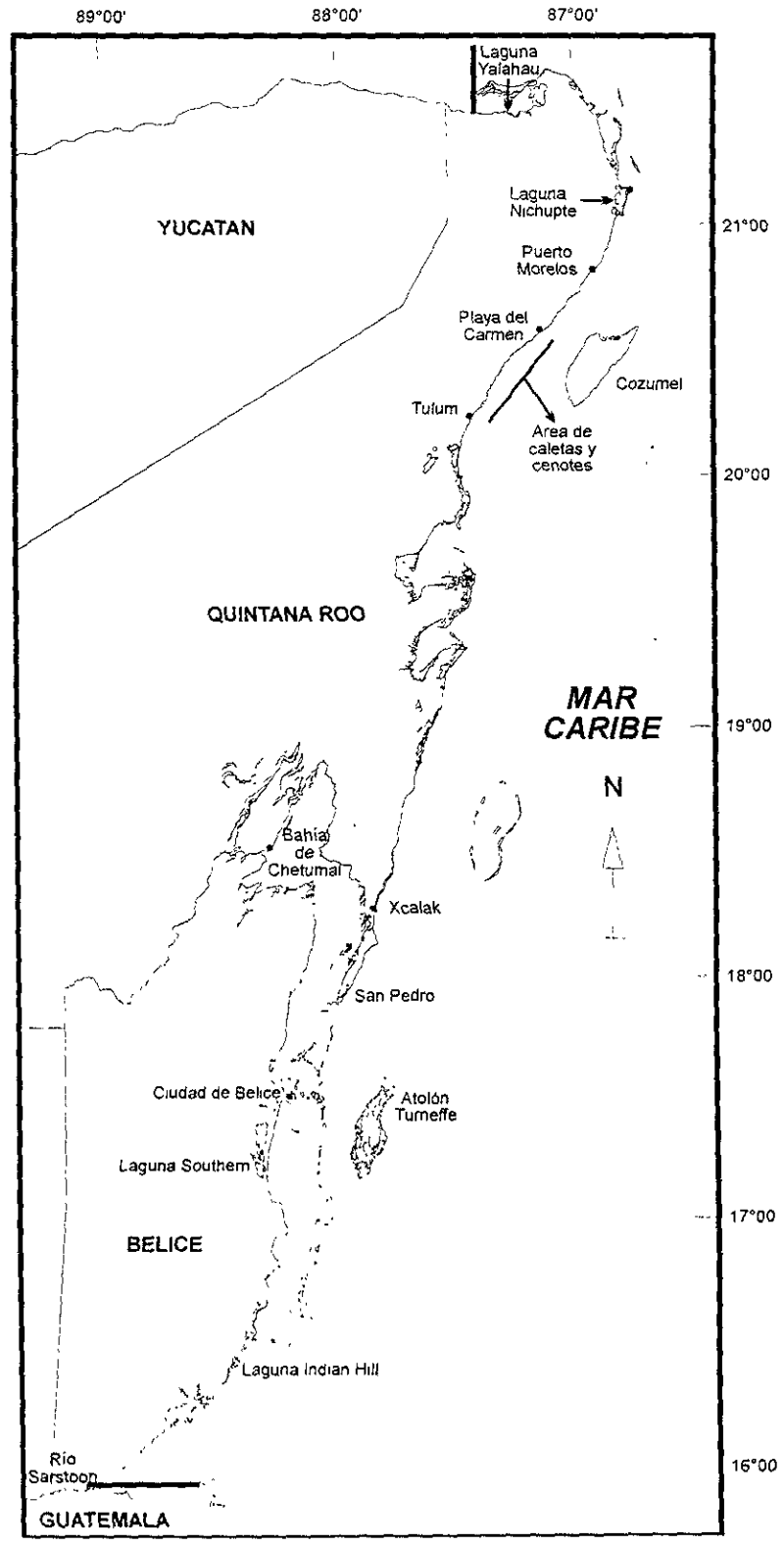


Figura 1 Area de estudio. Se resaltan las lagunas y otras áreas costeras de interés para el manatí.



Laguna Nichupte está formada por siete cuerpos de aguas someras de 1 a 2 m de profundidad, con canales de hasta 4 m, rodeados de mangle, con presencia de cenotes con importante aporte subterráneo de agua de baja salinidad y presenta amplia variedad de macroalgas (Collado y González 1993). Este sistema lagunar está sometido a fuertes presiones de desarrollo urbano y deterioro ambiental por el crecimiento de Cancún; rellenos de unas áreas y dragados de otras, tala de mangle, descarga de aguas urbanas, fuerte incremento de nutrientes e intenso tránsito de embarcaciones turísticas son prácticas comunes en esta laguna (Collado y González 1993).

A diferencia de las dos áreas anteriores, la costa ubicada entre Cancún y Playa del Carmen, sin registros de manatíes durante los censos aéreos (Capítulo 3a), está formada principalmente por playas arenosas con protección variable del oleaje y con poca o nula presencia de agua de baja salinidad, tampoco hay cenotes de agua dulce abiertos al mar que sirvan como resguardo de los vientos y oleaje para los manatíes. En Puerto Morelos, poblado ubicado entre Cancún y Playa del Carmen, la salinidad del agua es de carácter oceánico, con una media de 35.7 ‰ de salinidad e influencia de agua continental inapreciable, la laguna arrecifal tiene anchura variable de 350 a 1600 m, con profundidad media de 3 m y máxima de 8 m y en sus fondos hay densas comunidades de pastos marinos, *Thalassia testudinum*, (Merino y Otero 1991). Las velocidades máximas del viento son muy variables, van de 6.9 a 20 m/s (72 km/hora). El oleaje dentro de la laguna arrecifal es de 0.14 m cada dos segundos y fuera del arrecife es de 0.7 a 0.93 m

cada 3.2 segundos. Hay amplias zonas donde el arrecife es más profundo, permitiendo la entrada de mayor oleaje a la costa (Merino y Otero 1991).

La siguiente zona al sur, entre Playa del Carmen y Tulum, presenta condiciones más apropiadas para los manatíes descritas con detalle en Ortega (1997) y en el Capítulo 3a. Esta área se caracteriza por tener un intenso aporte de aguas continentales, el cual produce fuertes procesos de disolución que han formado múltiples caletas y cenotes abiertos al mar (Jordán 1993) que sirven de refugio a los manatíes. A la altura de la caleta de Xel-Ha se presentan los niveles máximos de descarga de agua continental de la Península de Yucatán con 76.7 millones de m<sup>3</sup> /km/año (Back 1985, citado en Jordán 1993). Esta caleta, tiene constante presencia de manatíes, incluso de hembras con cría (Ortega 1997).

De lo anterior, se puede concluir que la pobre presencia de manatíes al norte de Playa del Carmen está relacionada, por un lado, con la falta de áreas de resguardo y presencia de agua dulce y por otro, a las diferentes actividades humanas desarrolladas en los dos sistemas lagunares ya comentados, con afectación directa al manatí y a su hábitat.

Otra causa natural acumulada, podría ser el efecto de los huracanes; algunas personas de Isla Holbox comentaron que después del paso del huracán Gilberto en 1988, se dejó de ver notoriamente a los manatíes en esa región. Por el momento, no hay información sobre los efectos de los huracanes en la sobrevivencia de los manatíes, este tema está empezando a ser examinado para los manatíes adultos en Florida por K. B. Langtimm (John Reynolds, com. pers.).

En Australia, existe un poco más de información sobre los dugones (*Dugong dugon*). Los efectos de las tormentas pueden ser indirectos, destruyendo las áreas de alimentación de los dugones, o directos, causando muertes masivas, como ocurrió en 1984 con el paso del ciclón Kathy con vientos de 185 km/h y que mató, al menos, a 27 dugones (Marsh 1989). Las causas naturales como huracanes no se pueden evitar, pero las causas por actividad humana sí pueden evitarse y habrá que seguir trabajando en ello.

En el extremo sur de Belice, la presencia de manatíes también disminuyó a pesar de la existencia de hábitats adecuados como son los ríos de distinto tamaño (Capítulo 3e, Figura 1). Como se discute ampliamente en el Capítulo 3e, esta disminución en los números observados de manatíes puede ser debido, al menos en parte, a la baja transparencia de las aguas e incremento del efecto del oleaje, que aumenta el error de disponibilidad en el censo, o por cambios estacionales en el uso del área por los manatíes. Un serio problema es la fuerte presión de caza existente en el sur de Belice (McCarthy 1986; Bonde y Potter 1995; Maheia 1997), problema que ya está siendo atendido por el gobierno de Belice.

### **Tendencia de la abundancia de manatíes en nuestra unidad de manejo**

La abundancia de manatíes existente en el área de estudio no puede ser fácilmente estimada; diferentes variables ambientales y aspectos inherentes al método, provocan gran variación en el número de manatíes contados entre un censo y otro para una misma área. Este problema se presenta también en otras áreas donde se han realizado censos de manatíes (Packard *et al.*, 1985). La

presencia de mangle y vegetación cubriendo las entradas a canales de agua dulce, cenotes y riberas de los ríos, dificultó los censos en diferentes partes del área de estudio; también el agua turbia llegó a ser un serio problema en la costa sur de BCH y extremo sur de Belice.

Los factores de corrección para los censos aéreos de manatíes son difíciles de obtener; variables relacionadas con causas ambientales, conductuales y del método, que varían a lo largo de la ruta del censo, hacen más difícil esta labor. Pero, la alta variación en el número de manatíes contados entre censos, obliga a desarrollar modelos de estimación de la visibilidad – que incluyen los errores de percepción y disponibilidad – en las áreas de mayor agregación de manatíes (Lefebvre *et al.*, 1995).

Los resultados de los estudios de telemetría en la BCH (Capítulo 3d), y los que están siendo desarrollados en Belice por James Powell, serán de gran apoyo para la planeación de la cobertura de los vuelos en la BCH y Belice, para establecer los niveles de estratificación e intensidad de muestreo que se tengan que realizar. El Capítulo 3a, señala como fuentes de error en la zona costera de caletas y cenotes de Quintana Roo al oleaje y la hora en que se realizan los censos, la cual coincide con el horario de presencia turística en las caletas y cenotes, que aparentemente influye en la conducta de los manatíes, obligándolos a salir temporalmente a la costa, zona con mayor oleaje (Ortega 1997).

La búsqueda de factores de corrección es reciente. El marcaje de manatíes con transmisores impulsará fuertemente el desarrollo de estos ajustes, pero se requiere más tiempo y presupuesto para marcar un mayor número de manatíes en

diferentes áreas. En Quintana Roo, tres áreas son importantes para el marcaje: las caletas y cenotes ubicados entre Playa del Carmen y Tulum, en las dos bahías de la reserva de Sian Ka'an y continuar incrementando la muestra en la BCH. En Belice, son importantes su zona central (río Belice y cayos frente a la ciudad de Belice), lagunas Southern y Placentia y el área entre Puerto Honduras y Punta Gorda (Capítulo 3e, Figura 1). Estos estudios ya se iniciaron en 1994 en la BCH (Capítulo 3e) y requieren ser continuados; en Belice, se iniciaron en 1997 en laguna Southern bajo la coordinación de James Powell y van creciendo año con año.

Por el momento, para hacer una estimación del tamaño de esta unidad de manejo o subpoblación de manatíes que habita en el área de estudio, podemos basarnos en los mejores censos obtenidos en diferentes lugares del área de estudio: costa norte de Quintana Roo = 4 manatíes; bahías de Sian Ka'an = 10 manatíes; BCH–Belice = 266 manatíes; total = 280, sin factores de corrección. Entre el primer censo ( $n = 266$ ) y tercer censo ( $n = 177$ ) realizados en Belice y BCH, hubo una pérdida de 89 manatíes, que representa el 35.7 %. Sobre la base de manejar esta disminución como un error mínimo viable para los censos en esta región y suponiendo que no hay migración y extrapolando a toda el área de estudio este error, el número de manatíes podría llegar a 380. Como una segunda estimación, se puede usar el error de 80 %, el cual es el error máximo obtenido en 17 estudios de censos aéreos revisados por Caughley (1974). Así, el número de manatíes sería de 504. Sobre la base de que estos errores fueran aplicables a toda el área, el número de manatíes existentes en los principales hábitats

costeros de Quintana Roo y Belice podría ser de 400 a 500 animales. En Belice, recientemente se contaron 315 manatíes en poco más de nueve horas de vuelo sobre toda su zona costera, lagunas y bocas de ríos principales (Auil 1997).

## **Biología de los manatíes**

La información obtenida sobre la biología y movimientos de los manatíes marcados en la BCH crea más preguntas que las respuestas que ofrece. En diferentes temas, el tamaño de muestra es aún pequeño así como la duración del estudio desarrollado.

Necesariamente, en el estudio de la biología del manatí en vida libre, se debe de pensar a largo plazo; su gran longevidad estimada hasta en 60 años (Marmontel 1995), la edad a la que alcanzan su madurez sexual que va de 2.5 a 4 años (Rathbun *et al.*, 1995), su largo periodo de gestación de 13 a 15 meses estimado por varios autores (ver discusión en el Capítulo 3d) y el largo tiempo de cuidado de su cría de hasta 2 años (Rathbun *et al.*, 1995) hacen necesario que su investigación sea casi permanente.

Sin embargo, los resultados sobre: talla de las hembras y los machos maduros sexualmente, el tiempo de gestación de una hembra, índice de nacimientos, tamaño de la cría al nacer y su tiempo de atención son una fuente inicial e importante de información, que permite hacer algunas comparaciones de la biología de esta especie con otras áreas de su distribución. Además, los patrones de distribución espacial, desplazamientos y fidelidad a las áreas, están sirviendo de apoyo a los programas de conservación en México y Belice.

Quedan pendientes aspectos del posible uso diferencial del espacio entre machos y hembras, del nivel de sus desplazamientos y casi todo sobre su reproducción, mortalidad, edades críticas y causas de muerte.

### **Uso de telemetría en el estudio de los manatíes**

Este estudio probó que la telemetría es una herramienta muy útil en el estudio de los manatíes, ya que permite tener información sobre la biología de la especie, desplazamientos y uso frecuente de áreas, que de otra forma, sería difícil o imposible de conocer. También dejó claro que el esfuerzo aplicado en el seguimiento de los manatíes marcados en campo puede llegar a ser muy intenso y con altos costos. Dadas las dimensiones de la BCH, sería más práctico utilizar transmisores UHF en lugar de VHF, al menos para los machos y para aquellas hembras que muestren alto nivel de movimiento o se alejen del área de operaciones. En áreas más pequeñas, los transmisores VHF podrían funcionar con mayor eficiencia de recaptura.

Las condiciones generales de la BCH, tanto ambientales, como de baja actividad humana, permitieron que los transmisores VHF tuvieran un mayor periodo de vida y menor desgaste de los materiales por balanos u otros exoparásitos, lo que ayudaría a reducir los costos del proyecto al usar radios UHF que son de mayor costo, pero al mismo tiempo, permiten mayor eficiencia en el seguimiento de los animales.

## Capítulo 5. Conclusiones

1. La distribución espacial de los manatíes en el Caribe de México y Belice es primariamente costera y preferentemente relacionada con áreas someras, con presencia de agua dulce o de baja salinidad y ricas en diversidad de algas y pastos acuáticos y con protección de los vientos.
2. En Belice, esta distribución se extiende sobre las islas y cayos existentes a lo largo de su costa, que les ofrecen protección de los vientos, aguas someras con vegetación acuática y en algunos casos, presencia de agua dulce.
3. Las caletas y cenotes ubicados entre Tulum y Playa del Carmen son usadas constantemente por los manatíes y representan en la actualidad, el frente de la distribución espacial de los manatíes en la costa norte de Quintana Roo. La conservación de estos sitios es prioritaria para evitar reducir su rango de distribución en el sector norte de Quintana Roo.
4. Las bahías de la Ascensión y Espíritu Santo presentan niveles bajos de abundancia de manatíes, aunque la proporción de hembras con cría es relativamente alta.
5. Los censos aéreos de manatíes son difíciles aún en condiciones adecuadas, lo que se vio reflejado en la amplia variación de los datos obtenidos en diferentes lugares de Quintana Roo y sur de Belice. Sin



13. La muerte accidental de manatíes por actividad pesquera o golpe de embarcación ocurre ocasionalmente en la BCH y en el norte y centro de Quintana Roo, hay fuerte presión humana sobre el hábitat del manatí y en el sur de Belice hay importante presión de caza.
14. El uso de radios transmisores para el estudio de la distribución temporal, desplazamientos, uso de hábitat y diferentes aspectos reproductivos y conductuales básicos de los manatíes, ha probado ser un método valioso y adecuado para las características presentes en la BCH.
15. Se recomienda el uso de radios tipo UHF en machos y en las hembras que demuestren alto nivel de desplazamiento o cambien a un área de uso menos accesible.

## Capítulo 6. Recomendaciones

### Investigación futura en Quintana Roo y Belice

- Se recomienda mantener el monitoreo de la distribución espacial y tendencia de la abundancia de manatíes en Quintana Roo y Belice, con al menos dos censos al año. Los periodos de enero a marzo y agosto-septiembre, son adecuados para hacer los censos.
- Es deseable que los censos se sigan realizando en coordinación entre México y Belice, para buscar que los conteos sean secuenciales y los resultados comparables.
- En la planeación de los censos, deberá contemplarse la posibilidad de obtener factores de corrección, que permitan estimar los errores de percepción y disponibilidad en cada censo.
- En áreas con alto nivel de variación, como lo fue la zona suroeste de la BCH y la zona sur de Belice, se recomienda aplicar mayor intensidad de esfuerzo de censo en pequeñas subáreas, esto ayudará a estimar el error de disponibilidad.
- El personal participante en los censos, deberá tener experiencia previa en censos de manatíes y en el área a evaluar, con el fin de disminuir, en lo posible, el error de percepción que puede llegar a ser muy grande.
- Los grupos de trabajo ya establecidos en Quintana Roo y Belice, deberán mantener un programa permanente de entrenamiento y

capacitación de personal especializado y estudiantes interesados en el estudio y conservación del manatí.

- El programa de radio-marcaje de manatíes deberá incrementarse en la BCH y extenderse a las dos bahías de la reserva de Sian Ka'an y en las caletas y cenotes de Quintana Roo. En Belice debe incrementarse en su parte media, incluyendo los cayos frente a la ciudad de Belice y extenderse hacia el sur, un lugar adecuado sería laguna Placentia.
- Se recomienda el uso de microchip para la permanente identificación de los manatíes y como apoyo a diversos estudios a largo plazo.
- Es necesario gestionar apoyos de las empresas turísticas que hacen uso de las caletas y cenotes en Quintana Roo, para desarrollar proyectos conjuntos de investigación, conservación y educación ambiental para la conservación del manatí y su hábitat en esta zona costera de Quintana Roo.
- A pesar del bajo número de manatíes observado con marcas naturales en la BCH, se recomienda iniciar un catálogo de foto-identificación de manatíes en Quintana Roo. Greg Smith, miembro del grupo de trabajo de manatíes en Belice, ha demostrado que este método es aplicable en la zona de la laguna arrecifal entre Xcalak, México y San Pedro, Belice. En varios años de esfuerzo de foto-identificación, ha logrado formar un catálogo fotográfico de manatíes con marcas naturales. Este es otro método que permitirá, a largo plazo, evaluar abundancia,

desplazamientos y diferentes aspectos conductuales y reproductivos de los manatíes.

- El trabajo coordinado con Belice sobre investigación, capacitación y estrategia de conservación del manatí, ha probado ser exitoso a nivel regional, por lo que deberá seguir siendo estimulado tanto por las instituciones de investigación, como por los gobiernos locales y de cada nación.

## Capítulo 7. Referencias

- Ackerman, B. B., 1995. Aerial surveys of manatees: a summary and progress report. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), Population Biology of the Florida Manatee. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 13-33.
- Auil, N., 1997. Manatee Research Progress Report. UNDP/GEF Coastal Zone Management Project. March – July 1997. Not published, 27 p.
- Axis A., J., Morales V., B., Torruco G., D., Vega C., M. E., 1998. Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). Rev. Biol. Trop. 46: 791-803.
- Bengtson, J. L., Magor, D., 1979. A survey of manatees in Belize. J. Mammal. 60: 230-232.
- Best, R. C., 1981. Foods and feeding habits of wild and captive sirenia. Mammal Rev. 11:3-29.
- Bonde, R. K., Potter, C. W., 1995. Manatee butchering sites in Port Honduras. Sirenews. Newsletter of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources/Species Survival Commission. Sirenia Specialist Group 24:7.
- Caldwell, D. K., Caldwell, M. C., 1985. Manatees: *Trichechus manatus* Linnaeus, 1758; *Trichechus senegalensis* Link, 1795 and *Trichechus inunguis* (Natterer, 1883). In: Ridgway, S. H., Harrison, S. R. (Eds.), Handbook of Marine Mammals, Volume 3: The sirenians and baleen whales. Academic Press, pp. 33-66.
- Caughley, G., 1974. Bias in aerial survey. J. Wildl. Manage. 38:921-933.
- CCAD – WWF – MGG/RSMAS, 2000. Taller de Planificación Ecoregional del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Visión ecológica y prioridades de conservación. Abril 26-28, Cancún, Quintana Roo, México.
- Colmenero R., L. C., 1984. Nuevos registros del manatí (*Trichechus manatus*) en el sureste de México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Méx. Serie Zoología 1:243-254.
- Colmenero R., L. C., Hoz Z., M. E., 1986. Distribución de los manatíes, situación y su conservación en México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Méx. Serie Zoología 56:955-1020.
- Colmenero R., L. C., Zarate, B. E., 1990. Distribution, status and conservation of the West Indian manatee in Quintana Roo, Mexico. Biological Conservation 52:27-35.
- Collado V., L., González G., J., 1993. Macroalgas del sistema lagunar de Nichupte, Quintana Roo. In: Salazar V., S., González, N. E. (Eds.), Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Aprovechamiento de la Biodiversidad (CONABIO), Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), pp. 752-760.
- Charnock-Wilson, J., 1968. The manatee in British Honduras. Oryx 9:292-294.

- De Landa, D., ca. 1560. Sec. XLV. The waters and the fishes found in them. In: De Landa, D., Yucatan before and after the conquest. Dover Publications, Inc. New York, pp. 96-100.
- DGMA/CCAD – SICA – WORLD BANK, 1999. Conservación y uso sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Memorias de la 2ª. Reunión preparatoria del Proyecto Regional. Octubre 1999. Belice, 26 pp.
- Domning, D. P., 1982. Evolution of manatees: a speculative history. *Journal of Paleontology* 56:599-619.
- Domning, D. P., Hayek, L., 1986. Interspecific and intraspecific morphological variation in manatees (Sirenia: *Trichechus*). *Marine Mammal Science* 2(2):87-144.
- Durand, J., 1950. Ocaso de sirenas, esplendor de manatíes. 2ª. Ed. Fondo de cultura económica México, D. F. 1983.
- Espinoza A., J., 1996. Distribution of seagrasses in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 59:449-454.
- Etheridge, K., Rathbun, G. B., Kochman H., I., Powell, J., 1985. Consumption of aquatic plants by the West Indian manatee. *J. Aquat. Plant Manage.* 23:21-25.
- García R., A. I., Bowen, B. W., Domning, D., Mignucci G., A., Marmontel, M., Montoya O., R. A., Morales V., B., Rudin, M., Bonde, R. K., McGuire, P. M., 1998. Phylogeography of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*): how many populations and how many taxa? *Molecular ecology* 7: 1137-1149.
- Garrot, R. A., Ackerman, B. B., Cary, J. R., Heisey, D. M., Reynolds III, J. E., 1995. Assessment of trends in sizes of manatee populations at several Florida aggregations sites. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee*. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 34-55.
- Hatt, R. T., 1934. A manatee collected by the American Museum Congo expedition, with observations on the recent manatees. *Bulletin American Museum of Natural History LXV Mammalogy* (14): 533-566.
- Hartman, D. S., 1979. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. Special publication No. 5. The American Society of Mammalogists, 153 pp.
- Husar, L. S., 1975. The dugong: endangered siren of the south Seas. *The Environmental Journal* 15-18.
- Husar, L. S., 1977. *Trichechus inunguis*. *Mammalian Species* 72:1-4.
- Husar, L. S., 1978a. *Dugong dugon*. *Mammalian Species* 88:1-7.
- Husar, L. S., 1978b. *Trichechus senegalensis*. *Mammalian Species* 89:1-3.
- Husar, L. S., 1978c. *Trichechus manatus*. *Mammalian Species* 93:1-5.
- Irvine, A. B., 1983. Manatee metabolism and its influence on distribution in Florida. *Biological Conservation* 25:315-334.
- Jordán D., E., 1993. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. Parte I. El sistema continental. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), 110 pp.
- Lazcano B., M. A., Packard, J. M., 1989. The occurrence of manatees (*Trichechus manatus*) in Tamaulipas Mexico. *Marine Mammal Science* 5:202-205.

- Lefebvre, L. W., O'Shea, T.J., Rathbun, G.B., Best, R.C., 1989. Distribution, status, and biogeography of the West Indian manatee. In: Woods, C. A. (Ed.), *Biogeography of the West Indies: past, present, and future*. Sandhill Crane Press. Gainesville, Florida, pp. 567-610.
- Lefebvre, L. W., Ackerman, B. B., Portier, K. M., Pollock, K. H., 1995. Aerial surveys as a technique for estimating trends in manatee population size: problems and prospects. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee*. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 63-74.
- Lluch B., D., 1965. Algunas notas sobre la biología del manatí. *An. Inst. Nac. Inv. biológico - pesqueras* 1:405-419.
- Maheia, W., 1997. Manatee poaching continues in Belize. *Sirennews*. Newsletter of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources/Species Survival Commission. *Sirenia Specialist Group* 27:7-8.
- Marmontel, M., 1995. Age and reproduction in female Florida manatees. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee*. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 98-119.
- Marsh, H., 1989. Mass stranding of dugongs by a tropical cyclone in northern Australia. *Marine Mammal Science* 5:78-84.
- McKillop, H. I., 1985. Prehistoric exploitation of the manatee in the Maya and circum-Caribbean areas. *World Archaeology* 16:337-353.
- McCarthy, T. J., 1986. The gentle giants of Belize. Part II: Distribution of manatees. *Belize Audubon Society Bull.* 18:1-4.
- Medrano G., L., Morales V., B., García R., A. I., Robles S., M. R., Baker, S., 1997. Análisis preliminar de la variación del DNA mitocondrial y del complejo mayor de histocompatibilidad en la laguna de Catazajá, Chiapas y en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. In: Morales V., B., Medrano G., L. (Eds.), *Variación genética del manatí (*Trichechus manatus*), en el sureste de México y monitoreo con radiotransmisores en Quintana Roo*. Informe final Proyecto H164. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Chetumal. Octubre 1997. No publicado, p. 12-38.
- Merino I., M., Otero D., L., 1991. Atlas Ambiental Costero Puerto Morelos, Quintana Roo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), 80 pp.
- Morales V., B., Olivera G., L. D., 1994. Mamíferos acuáticos y su protección en la zona fronteriza México - Belice. In: Suárez M., E. (Compilador), *Estudio integral de la frontera México - Belice*. Recursos naturales. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), pp. 197-211.
- Morales V., B., Olivera G., L. D., 1994a. Distribución espacial y estimación poblacional de los manatíes en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Rev. Inv. Cient. Univ. Autón. B.C.S. Serie Ciencias del Mar* 2 (No. especial SOMEMMA 2): 27-32.

- Morales V., B., Olivera G., L. D., Ramírez G., P., 1996. Conservación de los manatíes en la región del Caribe de México y Belice. Reporte Técnico No. MM-01. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ref. N9301-2017. U.S. Marine Mammal Commission Contract T10155657, 131 pp.
- Morales V., B., Mignucci G., A., Padilla S., J., 2000. Tendencia de la distribución espacial y abundancia relativa del manatí (*Trichechus manatus*) en las costas de Yucatán, México. Segundo informe técnico. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Chetumal - Universidad Metropolitana, San Juan, Puerto Rico. Mayo 2000. No publicado, 6 p.
- Mou S., L., Chen, H. D., Bonde, R. K., O'Shea, T. J., 1990. Distribution and status of manatees (*Trichechus manatus*) in Panama. Mar. Mamm. Sci. 6:234-241.
- Ortega A., A., 1997. Uso actual de caletas y cenotes por el manatí del Caribe *Trichechus manatus manatus* (Linnaeus 1758) y el impacto del turismo en Quintana Roo, México. Tesis profesional. Universidad Veracruzana, Facultad de Biología. Jalapa, Veracruz, México.
- O'Shea, T. J., Beck, C. A., Bonde, R. K., Odell, D. K., Kochman H., I., 1985. An analysis of manatee mortality patterns in Florida, 1976-81. J. Wildl. Manage. 49:1-11.
- O'Shea, T. J., Correa, M., Ludlow, M. E., Robinson, J. G., 1988. Distribution, status, and traditional significance of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*) in Venezuela. Biological Conservation 46:281-301.
- O'Shea, T. J., Kochman H., I., 1990. Florida manatees: distribution, geographically referenced data sets, and ecological and behavioral aspects of habitat use. In: Reynolds III, J. E., Haddad, K. D. (Eds.), Florida Marine Research Publications No. 49. Report of the Workshop on Geographic Information Systems as an aid to managing habitat for West Indian manatees in Florida and Georgia. Florida Marine Research Institute. December 1990, pp. 13-22.
- O'Shea, T. J., Salisbury, C. A., 1991. Belize - a last stronghold for manatees in the Caribbean. Oryx 25(3):156-164.
- Packard M., J., Summers, R. C., Barnes, L. G., 1985. Variation of visibility bias during aerial surveys of manatees. J. Wildl. Manage. 49(2):347-351.
- Packard M., J., Frohlich, R. K., Reynolds III, J. E., Wilcox, J. R., 1989. Manatee response to interruption of a thermal effluent. J. Wildl. Manage. 53(3):692-700.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1996. Decreto por el cual se declara Area Natural Protegida la región conocida como Bahía de Chetumal, en la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, Santuario del Manatí, ubicada en el Municipio de Othón P. Blanco, Estado de Quintana Roo. Organo del Gobierno de Quintana Roo. Tomo III, No. 24. Extraordinario, 5ª. Época, octubre 24 de 1996, 10 pp.
- Pielou, E. C., 1978. Simple population growth. In: Pielou, E. C., Population and community ecology: principles and methods. Gordon and Breach, pp. 1-10.
- Powell, J. A., Belitsky, D. W., Rathbun, G. B., 1981. Status of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*) in Puerto Rico. J. Mammal. 62:642-646.
- Rathbun, G. B., Woods, C. A., Ottenwalder, J. A., 1982. The manatee in Haiti. Oryx 19:234-236.



- Rathbun, G. B., Powell, J. A., Cruz, G., 1983. Status of the West Indian manatee in Honduras. *Biological Conservation* 26:301-308.
- Rathbun, G. B., Reid, J. P., Bourassa, J. B., 1987. Design and construction of a tethered, floating radio-tag assembly for manatees. National Technical Information Service, Springfield, Va. Document PB 87-161345/AS, 49 pp.
- Rathbun, G. B., Reid, J. P., Carowan, G., 1990. Distribution and movement patterns of manatees (*Trichechus manatus*) in northwestern peninsular Florida. *Florida Marine Research Publications* 48:1-33. Florida Marine Research Institute.
- Rathbun, G. B., Reid, J. P., Bonde, R. K., Powell, J. A., 1995. Reproduction in free-ranging Florida manatees. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee*. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 135-156.
- Reid, J. P., Rathbun, G. B., Wilcox, J. R., 1991. Distribution patterns of individually identifiable West Indian manatees (*Trichechus manatus*) in Florida. *Marine Mammal Science* 7: 180-190.
- Reid, J. P., Bonde, R. K., O'Shea, T. J., 1995. Reproduction and mortality of radio-tagged and recognizable manatees on the Atlantic coast of Florida. In: O'Shea, T. J., Ackerman, B. B., Percival, H. F. (Eds.), *Population Biology of the Florida Manatee*. Information and Technology Report 1. National Biological Service, pp. 171-191.
- Reynolds III, J. E., Wilcox, J. R., 1985. Abundance of West Indian manatees (*Trichechus manatus*) around selected Florida power plants following winter cold fronts, 1982-1983. *Bulletin of Marine Science* 36:413-422.
- Reynolds III, J. E., Wilcox, J. R., 1986. Distribution and abundance of the West Indian manatee around selected Florida power plants following winter cold fronts:1984-1985. *Biological Conservation* 38:103-113.
- Reynolds III, J. E., Odell, D. K., 1991. *Manatees and dugongs*. Facts on File. New York, 192 pp.
- Reynolds III, J. E., Szelistowski, W. A., León, M. A., 1995. Status and conservation of manatees *Trichechus manatus manatus* in Costa Rica. *Biological Conservation* 71:193-196.
- Ronald, K., Selley, L. J., Amoroso, E. C., 1978. Biological synopsis of the manatee. College of Biological Science, University of Guelph. Guelph, Ontario, Canada, 112 pp.
- Sahagún, Fr. B., ca 1580. *Historia general de las cosas de la Nueva España*. 8<sup>a</sup>. Ed. Editorial Porrúa. México. D. F. 1992.
- Statutory Instrument, 1998. Corozal Bay Wildlife Sanctuary (Manatee) Order. National Parks System 48. Gazetted 2nd May, 1998. Belize, 3 pp.
- White, G.C., Garrot, R. A., 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, 138 pp.