



Relación de la presencia de toninas (*Tursiops truncatus*)

en la Laguna de Términos, Campeche, México

con los factores ambientales

T E S I S

que para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS

(BIOLOGÍA MARINA)

P R E S E N T A

Biól. Daniel Guevara Aguirre

DIRECTOR DE TESIS: MARÍA DEL CARMEN BAZÚA DURÁN

COMITÉ TUTORAL: ZENÓN CANO SANTANA

LUIS MEDRANO GONZÁLEZ

TANIA ESCALANTE ESPINOSA

JUAN PABLO GALLO REYNOSO



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.

“Con profundo amor para ti”

***"Lo poco que he aprendido carece de valor,
comparado con lo que ignoro y no desespero en aprender."***

René Descartes

(1596-1650)

***"Nunca consideres el estudio como una obligación
sino como una oportunidad para penetrar
en el bello y maravilloso mundo del saber."***

Albert Einstein

(1879-1955)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerles a mis padres, principalmente por creer en mí, por apoyarme incondicionalmente en la obtención de este loco sueño y por ser la piedra angular en mi preparación académica.

A mi hermano Mundo por que gracias a tu apoyo y gran compañerismo me alentaste e hiciste más fácil la culminación de este proyecto en mi vida, gracias por ser un gran apoyo y por tener siempre el consejo más útil y el más adecuado.

A Cris, por ser mi compañera en todos los momentos, por apoyarme y por ser pieza fundamental en el logro de una meta más en nuestras vidas.

A mis abuelos por estar al pendiente siempre de mí, enseñarme y guiarme, pero sobre todo, por enseñarme con su ejemplo a ser una persona íntegra.

A todos los miembros de las familias Aguirre Pita y Guevara Palafox por apoyarme y estar siempre conmigo y sobre todo por hacerme pasar buenos momentos, que fueron piezas claves para poder lograr la culminación de este proyecto.

A la Dra. Carmen Bazúa Durán, por darme el privilegio de trabajar con ella y mostrarme el maravilloso mundo de los mamíferos marinos, por compartir sus enseñanzas y sobre todo y lo más importante su amistad.

Al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y a todo el cuerpo académico y administrativo que labora en este posgrado, primero que nada por ser excelentes personas y sobretodo excelentes amigas me llevo muy buenos recuerdos de todas ustedes.

A las compañeras delfinólogas del 408 a Rebeca, Laks, Diana, Julieta a Leslie y al físico colado de Ale gracias por compartir conmigo grandes momentos y experiencias inolvidables que compartimos dentro de ese cubículo.

A mis amigos Jona, Viry, Pipis, Kari, Vargas, Maricela, Anaid, Ale, Josu, Vania, Maye, Claus, Juls, Andy, Dalia y demás amigos tanto de la licenciatura como del posgrado, por compartir grandes experiencias y sobre todo conocimientos conmigo.

Al Dr. Jaime Núñez y al M. en C. Margarito Álvarez Rubio y por su valiosa ayuda en los análisis estadísticos de esta tesis de maestría.

A la estación El Carmen del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y a la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) por las facilidades prestadas para la realización de este proyecto de investigación en Ciudad del Carmen y la Laguna de Términos, Campeche, así como a todos los pescadores y personas que colaboraron en la toma de datos en campo.

Al CONACYT por la beca de estudios de maestría que me fue otorgada a través del Programa de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y al PAPIIT, UNAM por el complemento de beca de estudios de maestría que me fue otorgada a través de la Dra. Carmen Bazúa.

Los datos utilizados para la realización de este trabajo de tesis fueron obtenidos con el financiamiento otorgado por el Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Campeche y parcialmente por el PAPIIT-UNAM y el PASPA-UNAM, a través de la Dra. Carmen Bazúa, y también parcialmente por los Estímulos Fiscales del CONACYT y por Grupo Via Delphi S.A. de C.V., a través del Dr. Alberto Delgado Estrella.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE TABLAS.....	vi
ÍNDICE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 USO DE HÁBITAT.....	3
1.2 RASGOS DE LAS TONINAS.....	4
1.3 ANTECEDENTES.....	7
1.3.1 ÁREA DE ESTUDIO: LAGUNA DE TÉRMINOS.....	7
1.3.2 ESTUDIOS EN TONINAS.....	15
1.3.3 ESTUDIOS DE OTRAS ESPECIES DE MAMÍFEROS MARINOS.....	20
1.3.4 JUSTIFICACIÓN.....	22
2. OBJETIVOS.....	26
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
2.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	26
3. HIPÓTESIS.....	27
4. MÉTODOS.....	28

4.1 TOMA DE DATOS.....	28
4.2 ÍNDICE DE DISTANCIAS.....	35
4.3 ANÁLISIS DE DATOS.....	38
5. RESULTADOS.....	40
5.1 ESFUERZO DE OBSERVACIÓN.....	40
5.2 ÍNDICE DE DISTANCIAS.....	40
5.3 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.....	42
5.4 ANMDEVA.....	52
5.5 ANÁLISIS UNIVARIADOS (ANDEVA y PRUEBA DE TUKEY).....	53
6. DISCUSIÓN.....	57
6.1 ÍNDICE DE DISTANCIAS.....	57
6.2 USO DE HÁBITAT DE LAS MANADAS DE TONINAS.....	58
6.3 COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS OBTENIDOS POR ESTE ESTUDIO CON LOS OBTENIDOS EN LA DÉCADA DE 1990.....	68
6.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS PRESAS DE TONINAS EN LA LAGUNA DE TÉRMINOS.....	70
7. CONCLUSIONES.....	72
8. RECOMENDACIONES.....	73
LITERATURA CITADA.....	73
ANEXO 1: DISTANCIA GEOREFERENCIADA.....	87
ANEXO 2: GRÁFICAS UNIVARIADAS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de muestreos realizados para cada salida a la Laguna de Términos.....	30
Tabla 2. Hoja de recolección de datos en campo.....	30
Tabla 3. Índice de distancias calculado para 26 muestreos que se realizaron de 2004-2008 en la Laguna de Términos.....	42
Tabla 4. Resultados de las medidas de tendencia central para las diferentes variables medidas.....	44
Tabla 5. Tabla del ACP para la base de datos de delfines.....	50
Tabla 6. Tabla del ACP para la base de datos de estaciones.....	51
Tabla 7. Tabla del ACP para la base de datos de estaciones con delfines	52
Tabla 8. Tabla de ANMDEVA para la comparación de la base de datos de Estaciones vs. Delfines.....	54
Tabla 9. Tabla de ANMDEVA para la comparación de la base de datos de Estaciones vs. Estaciones con delfines.....	55
Tabla 10. Tabla de ANMDEVA para la comparación de la base de datos de Delfines vs. Estaciones con delfines.....	56
Tabla 11. Resumen de las diferencias encontradas en las comparaciones de las diferentes bases de datos.....	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología externa de <i>Tursiops truncatus</i>	6
Figura 2. Localización de la Laguna de Términos.....	9
Figura 3. Distribución geográfica de <i>Tursiops truncatus</i>	17
Figura 4. ID por muestreo, salida y año para 2004-2006.....	24
Figura 5. número de toninas avistados en laguna de términos para 2004-2006.....	25
Figura 6. Localización de las con 57 y 23 estaciones predeterminadas en Laguna de Términos.....	31
Figura 7. Detalle de un recorrido completo a la Laguna de Términos.....	32
Figura 8. Foto de avistamiento de manadas de toninas en un muestreo de la Laguna de Términos.....	33
Figura 9. Tipo de sedimento de la Laguna de Términos obtenido de la carta náutica S.M. 841.....	35
Figura 10. Mapa del total de avistamientos durante 2004-2008 en la Laguna de Términos.....	41
Figura 11. Índice de distancias para 26 muestreos de 2004-2008.....	41
Figura 12. Número de observaciones para la profundidad en las tres bases de datos.....	42
Figura 13. Número de observaciones para la visibilidad en las tres bases de datos.....	42

Figura 14. Número de observaciones para la salinidad en las tres bases de datos.....	43
Figura 15. Número de observaciones para la temperatura en las tres bases de datos.....	43
Figura 16. Número de observaciones para el estado del mar en las tres bases de datos.....	44
Figura 17. Número de observaciones para el tamaño de las olas en las tres bases de datos.....	44
Figura 18. Número de observaciones para la nubosidad en las tres bases de datos.....	45
Figura 19. Número de observaciones para la dirección del viento en las tres bases de datos.....	45
Figura 20. Número de observaciones para la velocidad del viento en las tres bases de datos.....	46
Figura 21. Número de observaciones para el tipo de sedimento en las tres bases de datos.....	46
Figura 22. Número de observaciones para la distancia al Río Palizada en las tres bases de datos.....	47
Figura 23. Mapa de distribución de las manadas de toninas de 2004 a 2008 en la Laguna de Términos de a cuerdo a una división en tres zonas.....	59
Figura 24. Avistamientos de toninas de la Laguna de Términos de 2004-2008 señalando la desembocadura del Río Palizada.....	61
Figura 25. Tipo de sedimento presente en la Laguna de Términos con los avistamientos de toninas.....	62

RESUMEN

La ecología de las toninas ha sido ampliamente estudiada en la Laguna de Términos. Sin embargo, aún permanecen inciertas y poco estudiadas las preferencias y el uso que esta especie hace de su hábitat. Este estudio buscó establecer si once factores ambientales (profundidad, temperatura, salinidad y visibilidad del agua, estado del mar, altura de las olas, velocidad y dirección del viento, nubosidad, tipo de sedimento y distancia a la desembocadura del Río Palizada) están relacionados con la aparición de las manadas de toninas. Se realizaron 16 salidas entre enero de 2004 y noviembre de 2008 cubriendo las tres temporadas climáticas anuales de la zona cada año. Las mediciones ambientales se obtuvieron en lugares predeterminados o estaciones y en los lugares con presencia de toninas (DEL) al recorrer la laguna utilizando transectos semilineales. Las estaciones fueron divididas en aquellas con presencia (ESTDEL) o ausencia (EST) de toninas. Se compararon los valores de los factores ambientales ante la presencia o ausencia de toninas utilizando un ANMDEVA y no se encontraron diferencias significativas entre los lugares con presencia de toninas (F_{DEL} vs. $F_{ESTDEL}=1.6519$, $p=0.081$), más sí se encontraron diferencias entre los lugares con presencia y ausencia de toninas (F_{EST} vs. $F_{DEL} = 19.964$, $p\leq 0.001$; F_{EST} vs. $F_{ESTDEL} = 8.7559$, $p\leq 0.001$). Las toninas se encontraron en lugares turbios, de mayor profundidad, con fondo arenoso y cercanos a la desembocadura del Río Palizada (visibilidad: $F_{EST-DEL} = 137.689$ $p\leq 0.001$, $F_{EST-ESTDEL} = 9.781$ $p=0.002$; profundidad: $F_{EST-DEL} = 109.83$ $p\leq 0.001$, $F_{EST-ESTDEL} = 35.471$ $p\leq 0.001$; tipo de sedimento: $F_{EST-DEL} = 6.405$ $p=0.012$, $F_{EST-ESTDEL} = 2.99$ $p=0.084$; distancia al Río Palizada: $F_{EST-DEL} = 61.252$ $p\leq 0.001$, $F_{EST-ESTDEL} = 37.479$ $p\leq 0.001$). Esto sugiere que los lugares con menor visibilidad, mayor profundidad y fondo arenoso probablemente otorgan disponibilidad de alimento a las toninas, ya que se ha mencionado que zonas con estas características tienen alta productividad primaria que genera un incremento de las poblaciones de peces. El hecho de que las toninas se encontraran principalmente cercanas a la desembocadura del Río Palizada indica que existe un patrón en la distribución de las toninas en Laguna de Términos ocasionado probablemente por la entrada de agua dulce del Río Palizada y por el flujo en la Boca del Carmen, que genera una alta entrada de nutrientes al sistema y una mayor densidad de peces en esta zona que es aprovechado por las toninas. Estudios como este proporcionan claves para el mejor entendimiento de la ecología de las toninas.

ABSTRACT

Bottlenose dolphin ecology has been extensively studied in the Laguna de Términos. Nevertheless, the use and preferences that this species makes of its habitat still remains uncertain. This study established if eleven environmental parameters (water depth, temperature, salinity and visibility, sea state, wave height, wind speed and direction, cloud coverage, bottom substrate, and proximity to the Río Palizada mouth) are related to the presence of dolphins. Sixteen visits to the Laguna de Términos encompassing the three yearly climatic seasons were carried out from January 2004 to November 2008. Environmental parameters were measured in predetermined places (stations) and where bottlenose dolphins were sighted (DEL), when surveying the lagoon with semilinear transects. Stations were divided in those with presence (ESTDEL) or absence (EST) of dolphins. Environmental parameter values in places with and without dolphins were compared using a MANOVA, showing no significant differences for places with bottlenose dolphin presence (F_{DEL} vs. $F_{ESTDEL} = 1.6519$, $p=0.081$), but significant differences for places with the presence or absence of bottlenose dolphins (F_{EST} vs. $F_{DEL} = 19.964$, $p\leq 0.001$; F_{EST} vs. $F_{ESTDEL} = 8.7559$, $p\leq 0.001$). Bottlenose dolphins were found in more turbid and deeper waters with sandy bottom, and nearest to the Río Palizada mouth (depth $F_{EST-DEL} = 109.83$ $p\leq 0.001$, $F_{EST-ESTDEL} = 35.471$ $p\leq 0.001$; visibility: $F_{EST-DEL} = 137.689$ $p\leq 0.001$, $F_{EST-ESTDEL} = 9.781$ $p=0.002$; bottom substrate: $F_{EST-DEL} = 6.405$ $p=0.012$, $F_{EST-ESTDEL} = 2.99$ $p=0.084$; distance to the Río Palizada: $F_{EST-DEL} = 61.252$ $p\leq 0.001$, $F_{EST-ESTDEL} = 37.479$ $p\leq 0.001$). These results suggest that turbid and deeper places with a sandy bottom probably grant food availability to bottlenose dolphins because it has been suggested that areas with these characteristics have high primary productivity that allows fish species to flourish. Dolphins being closer the Río Palizada mouth suggests that there is a distribution pattern of bottlenose dolphin probably influenced by the greater density of fish due to the entrance of nutrients with the fresh water from the Río Palizada and the water flow along the Boca del Carmen. Studies like this one will provide keys for the better understanding of bottlenose dolphin ecology.

1. INTRODUCCIÓN

Las toninas se consideran como centinelas de los ecosistemas marinos y costeros, debido a que al conocer sus agrupaciones se pueden conocer las condiciones de su hábitat. Por ello, se les considera como indicadores indirectos de la productividad (Wells *et al.*, 2004).

Las toninas utilizan áreas, ya sea de manera individual o grupal, para realizar ciertas actividades, tales como la alimentación, el descanso y las actividades sociales. Entonces, sus movimientos diarios y estacionales parecen estar determinados por sus necesidades de protección en el momento de la reproducción y por los movimientos de los animales que les sirven de alimento (Wells *et al.*, 1987).

1.1 Uso del hábitat

El uso de hábitat se refiere a cómo ciertas áreas son utilizadas por diferentes especies, así como al estudio de cómo la interrelación de ciertos factores intrínsecos del hábitat determinan tanto la distribución como la abundancia de las especies de animales en el ambiente que las rodea (Krebs, 1985; Ferrero *et al.*, 2002). Este tipo de estudios pueden proveer claves para entender otros aspectos de la ecología poblacional de las especies así como de su estructura social (Emlen y Oring, 1977).

Los hábitats se encuentran generalmente compuestos por un mosaico de microhábitats que difieren uno del otro tanto física como biológicamente, ya que ciertos microhábitats le proporcionan a los organismos protección contra los depredadores

mientras que otros les proporcionan mayores concentraciones de alimento, ocasionando que los animales se distribuyan en dichos microhábitats en función del uso que les den (Taylor, 1992). Esta heterogeneidad del hábitat, aunada a los requerimientos biológicos de las especies generan patrones de distribución y de uso de hábitat que afectan el tamaño poblacional de los animales (McNab, 1963).

Para conocer cuál es el uso que le dan los individuos de una población a su hábitat es necesario tener en cuenta diversos factores que son limitantes, como lo son los movimientos de los animales, su conducta, sus relaciones con otros organismos y los factores físicos y químicos del ambiente (Krebs, 1985). Los mamíferos marinos, por ejemplo, necesitan de ciertas características específicas en su hábitat para la reproducción, la alimentación y la crianza, por lo que dicho hábitat puede ser desde las aguas superficiales tibias sobre bancos de arena, hasta las aguas profundas y frías (Ward y Moscrop, 1999). Se ha postulado que las toninas utilizan a las lagunas costeras y a los estuarios como zonas de alimentación y descanso porque son hábitats importantes para diferentes tipos de organismos, ya que presentan una productividad primaria muy alta y otorgan refugio a peces pelágicos y a animales invertebrados que, en consecuencia, atraen a peces de mayor tamaño y a una gran cantidad de aves marinas y delfines (Day *et al.*, 1989).

1.2 Rasgos de las toninas

Tursiops truncatus, conocida comúnmente como tonina, tursión o bufeo (Delgado Estrella, 1991; Jefferson *et al.* 1993; Figura 1), es una de las especies de delfines mejor conocida y estudiada en el mundo debido a su distribución costera (Figura 3), ya que es

una de las especies que se encuentran en cautiverio en muchos delfinarios (Leatherwood y Reeves, 1990). *Tursiops truncatus* fue descrita por Montagu en 1821 utilizando un ejemplar obtenido de un varamiento en Inglaterra y le dio el nombre de *Delphinus truncatus* debido a que tenía el rostro corto (del latín *trunco*, que significa truncado o cortado). En 1855, Gervais tomó el término **Tursio**, del latín marsopa, y le agregó el sufijo griego **ops**, que significa rostro, creando un nuevo género para esta especie. Este nombre fue validado y se aceptó como el nombre actual de la especie *Tursiops truncatus* (Watson, 1981).

Las toninas son animales de tamaño mediano y de cuerpo robusto (Figura 1). Su longitud varía entre los 1.8 y los 4.2 m, dependiendo de la zona que habitan, su rostro es cónico, corto y grueso. Los machos adultos son más robustos que las hembras de la misma edad, pues tienen un peso promedio de 400 y 200 kg, respectivamente (Leatherwood y Reeves, 1990). Las hembras neonatas tienen una longitud aproximada de 117 cm tanto que los del sexo masculino miden 160 cm y pesan 20 kg. Las toninas alcanzan su madurez sexual a los 11 años cuando cuentan con una longitud de 2.3 m y un peso de 150 kg (Leatherwood y Reeves, 1990).

Como todos los mamíferos marinos, las toninas están adaptadas a su nicho particular, siendo grandes en talla para la conservación del calor, hidrodinámicos para una locomoción más eficiente y con gran potencia para un desplazamiento rápido (Reynolds *et al.*, 2000). Presentan una coloración del cuerpo variable, pero generalmente el dorso varía de gris oscuro a negro, siendo gris obscuro-claro en los costados y de gris claro a blanquecino en la parte ventral. Dicha coloración varía en matiz y diseño entre los distintos individuos (Clutton-Brock, 2001).

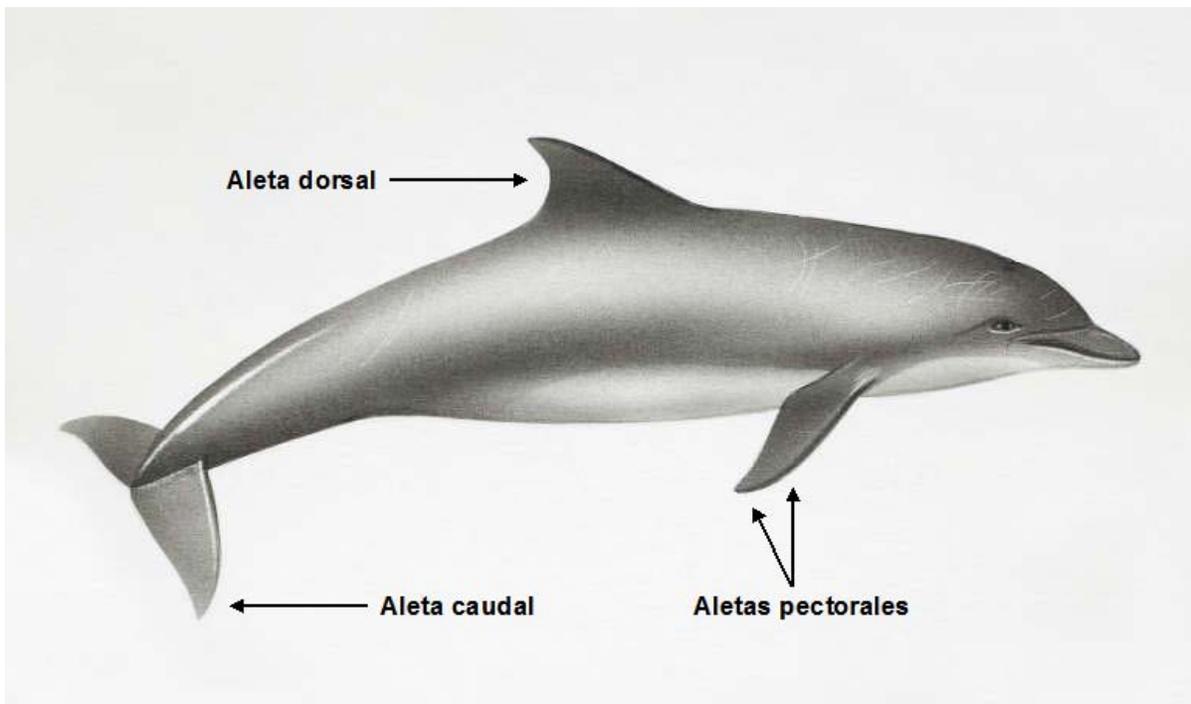


Figura 1. Morfología externa de *Tursiops truncatus* (ilustración a cargo de Dorling Kindersley).

El comportamiento de las toninas en vida libre se relaciona con la ecología local, modificándolo según los factores ecológicos, tales como la distribución de las presas y el régimen de la marea (Shane, 1990), y también con las relaciones sociales que hay entre los individuos (Scott *et al.*, 1990). Estos animales son muy sociales y presentan una estructura que consiste en agrupamientos basados en el sexo, edad y desarrollo reproductivo o madurez sexual (Connor *et al.*, 1992). Su compleja estructura social es un signo de alto nivel en las relaciones sociales de esta especie. Además, la composición del grupo depende de la actividad que estén desarrollando (Shane, 1986,1990).

A las toninas se les ha descrito como depredadores oportunistas por su amplia gama de hábitos alimentarios y porque se alimentan tanto de día como de noche (Cockcroft y Ross, 1990). A estos animales se les considera como depredadores tope en algunos ecosistemas (Cockcroft y Ross, 1990) y están adaptados para alimentarse de

presas con una alta movilidad, principalmente de peces costeros como la lisa (*Mugil cephalus*) y la macarela (*Scomberomorus maculatus*). También consumen camarones, medusas y algunos cefalópodos (Mead y Potter, 1990; Hoelzel, 1994; Martín *et al.*, 2000) y en la Laguna de Términos, también consumen mojarra (*Diapterus rhombeus*) (Ayala-Pérez *et al.*, 2001). En el Golfo de México se reconoce una sola especie de tonina, aunque en la parte norte de dicha cuenca podría haber diferenciación entre poblaciones costeras y pelágicas (Bazúa Durán, 1997); sin embargo, no se tiene evidencia de dicha diferenciación (Bazúa Durán, 1997; Delgado Estrella, 2002).

1.3 Antecedentes

1.3.1 Área de estudio: Laguna de Términos

La Laguna de Términos es un lugar de alta actividad, gran diversidad y alta abundancia biológica (Ayala-Pérez, 2003) y por eso fue declarada como un área natural protegida en 1994, otorgándole la categoría de área de protección de flora y fauna (INE, 1995; Ayala-Pérez, 2003). Dicha actividad biológica es debida a la aportación de agua dulce por cuatro ríos y su combinación con el agua salada proveniente del mar, lo que convierte a la Laguna de Términos en el sistema lagunar estuarino de mayores dimensiones en el país. Dichas condiciones estuarinas permiten el desarrollo de ecosistemas con alta actividad biológica (Contreras, 1993): Los eslabones primarios son capaces de producir una alta productividad primaria que le otorga alimento a muchas

especies marinas como aves, peces y las toninas (Day *et al.*, 1989), que son considerados como los depredadores tope de este ecosistema.

La región sur del Golfo de México presenta un clima tropical húmedo (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988), con una precipitación media anual de 1,378 mm y una temperatura media anual ambiental de 27 °C. Los vientos reinantes soplan del SE; sin embargo, en invierno ocurren a menudo los "nortes", vientos fuertes de relativa corta duración (1 a 2 días) que provienen del norte acompañados con lluvias ocasionales. Por ello, esta zona se caracteriza por tener tres temporadas climáticas: época de sequía de febrero a mayo, época de lluvias de junio a octubre y época de nortes de octubre a febrero (INE, 1997).

La Laguna de Términos (Figura 2) se localiza en la porción sureste de la Bahía de Campeche, entre los 91°10' y 92°00' oeste y 18° 20' y 19° 00' norte, y forma parte de la Sonda de Campeche. Está comunicada con el mar por dos bocas de cerca de 3 km de anchura y un máximo de 12 m de profundidad que se mantienen abiertas permanentemente, permitiendo un flujo neto de agua marina por la boca noreste (Boca de Puerto Real) y saliendo por la boca suroeste (Boca del Carmen). Su forma se asemeja a una elipse, con un eje mayor de alrededor de 70 km y uno menor de aproximadamente 25 km, ocupando un área aproximada de 2500 km². Tiene una profundidad promedio de 4 m y está separada del Golfo de México por Isla del Carmen (Contreras, 1985).

Los sedimentos de la Laguna de Términos están distribuidos en unidades estructurales bien definidas y consisten principalmente de arenas arcillosas y cenagosas (lodos) que contienen cerca del 50% de CaCO₃ (Yáñez Correa, 1963). Los sedimentos se mezclan gradualmente con una zona de arena, cienos y arcillas, cambio gradual que es alterado por las diferentes fuentes de sedimento, así como por la topografía de la orilla, los patrones de circulación del agua y los vientos (Yáñez Correa, 1971).

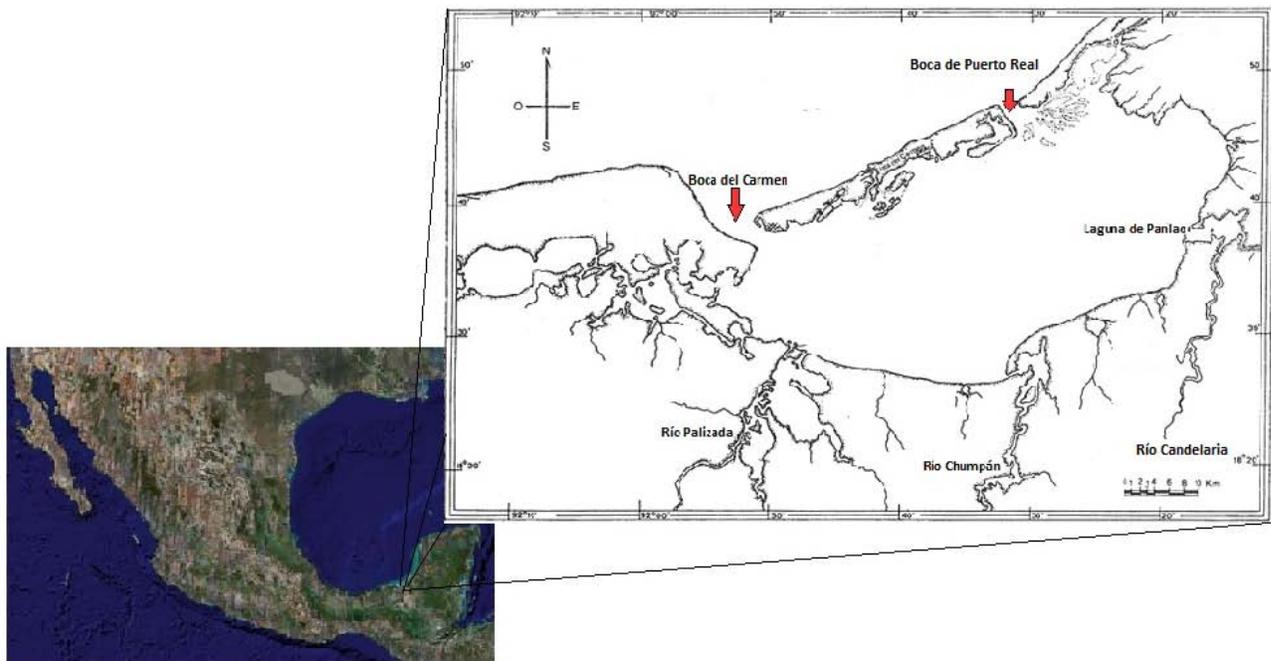


Figura 2. Localización de la Laguna de Términos en Campeche, México (tomados de UNAM, 2010 y MDM, 2007).

El aporte de agua dulce a la Laguna de Términos se hace principalmente a través de cuatro ríos: el Río Candelaria, que desemboca en la porción este de la laguna con un escurrimiento medio anual de 15,777 millones de m³; el Río Chumpán, que desemboca en la parte sur y aporta un promedio anual de 1,368 millones de m³; y dos ramales del Río Usumacinta: el Río Palizada y el Río del Este, que acceden a la laguna a través de la Boca de Atasta y desembocan en las porciones oeste y suroeste de la laguna, respectivamente (Contreras, 1985). A pesar de que el Río Candelaria es el de mayor afluencia, el Río Palizada es considerado como el aporte de agua dulce que más influencia tiene sobre Laguna de Términos (Yáñez 1963; Amezcua-Linares y Yáñez-Arancibia, 1980). Este aporte fluvial convierte a la Laguna de Términos en el sistema lagunar estuarino de mayores dimensiones y volúmenes del país (Contreras, 1985).

La vegetación que se encuentra en los márgenes del área y en los sistemas fluvio-lagunares, esteros, canales y pequeñas lagunas asociadas está formada principalmente por manglar, en donde dominan *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), que aportan una gran cantidad de materia orgánica a la parte occidental de la laguna.

La Laguna de Términos es utilizada por muchas especies de camarones, moluscos y peces tanto de origen marino como dulceacuícolas, como una zona de crianza, alimentación y reproducción de estas mismas especies en algún momento de su vida (Sánchez-Gil *et al.*, 1994). Por ello, otorga alimento a muchas especies marinas, entre las que se encuentran las toninas (Day *et al.*, 1989), y es aparentemente un área con un alto potencial pesquero, con una gran diversidad de hábitats que tienen una alta importancia para el comercio, obteniendo de sus aguas una gran variedad de peces y mariscos (Amezcu-Linares y Yáñez-Arancibia, 1978).

Se han hecho una gran cantidad de trabajos en la Laguna de Términos que abordan a las poblaciones de cerca de 100 especies de peces, de las cuales 15 están consideradas como dominantes debido a su abundancia numérica en peso y a la alta frecuencia de aparición, entre las que destaca *Diapterus rhombeus* (Amezcu-Linares y Yáñez-Arancibia, 1980), especie que se distribuye en toda la laguna y es alimento de las toninas (Ayala-Pérez *et al.*, 2001).

Además, la Laguna de Términos es un lugar de protección, anidación, alimentación y reproducción de reptiles, anfibios, insectos y aves (INE, 1995). Se tienen reportes de 1,468 especies de fauna que comprenden vertebrados terrestres y acuáticos (INE, 1995). De éstas, 30 especies son anfibios, reptiles, aves y mamíferos endémicos. Hay registros de 279 especies de aves en la región (en 49 familias), de las cuales algunas están

amenazadas (como: *Jabiru mycteria*, *Mycteria americana*, *Anas acuta*, *Anas cyanoptera*, *Mareca americana*, *Aythya affinis*, *Amazona albifrons* y *Chloroceryle* spp., entre otras INE, 1995). Además, se reportan 89 especies con diferentes grados de riesgo, como el manatí, el cocodrilo, el tepezcuintle, el mapache, el ocelote, el jaguar y las tortugas marinas, que tienen una gran importancia cinegética y de consumo y 132 especies que tienen importancia comercial (INE, 1995).

Durante las décadas de 1970 y 1980 se realizó un gran esfuerzo principalmente por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para tratar de describir el estado de los factores ambientales que predominaban en Laguna de Términos, así como las comunidades nectónicas presentes (e.g., Yáñez, 1963; Botello, 1978; Flores Coto y Álvarez Cadena, 1980; Yáñez Arancibia y Amezcua Linares, 1980). A finales de la década de 1990 y principios de la década de 2000, nuevamente se realizaron estudios por la UNAM y el Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX) que abordaban principalmente el estado de las comunidades nectónicas que se encuentran presentes en la laguna (e.g., García-Abad y Tapia-García, 1999; EPOMEX, 2000a; Ayala-Pérez *et al.*, 2001), por lo que es posible realizar una comparación de la condición de la laguna hace 30 a 40 años y como se encuentra actualmente.

Durante las décadas de 1970 y 1980, la Laguna de Términos presentaba un gradiente de salinidad dentro de la laguna; registrando los valores más altos de salinidad en las inmediaciones de la Boca de Puerto Real, ya que por esta boca penetra una corriente marina de aguas con alta salinidad que proviene del Golfo de México y se mezcla con el agua dulce proveniente de la descarga de los ríos, originando una masa de agua de baja salinidad, por lo que la salinidad decrece desde Ciudad del Carmen hacia tierra firme, de tal modo que en la mitad de la laguna existen valores intermedios de salinidad,

llegando a ser muy bajos en época de lluvias (Contreras, 1985). Los valores más bajos fueron encontrados en las áreas que eran afectadas por la descarga de los ríos, debido a que las zonas de salida de agua continental son muy notorias y producen una dilución en estas áreas, tal como se presenta en la desembocadura del Río Palizada (Flores-Coto y Álvarez, 1980).

La temperatura superficial de la laguna varió entre 15.7 y 32.0 °C durante las décadas de 1970 y 1980, (Contreras, 1985). A pesar de este gradiente, en diversos estudios ictiológicos se registró que la temperatura no es una variable que presente grandes fluctuaciones en la superficie a lo largo de un día (Flores-Coto y Álvarez, 1980), pero que puede mostrar variaciones estacionales, siendo los valores más bajos durante el invierno (Amezcuca-Linares y Yáñez-Arancibia, 1978). La temperatura del agua se mantuvo uniforme con una ligera estratificación térmica, excepto en un sector considerado como área de pobre circulación (Botello, 1978). La zona de transición entre los sistemas fluvio-lagunares y el litoral interno de la Isla del Carmen registró valores de entre 21 y 31 °C y la zona del litoral interno de Isla del Carmen presentó valores que fluctuaron entre 28.1 y 30.8 °C en enero y junio, respectivamente. En la Boca de Puerto Real los registros fueron de 23.8 a 33.5 °C durante agosto y diciembre, respectivamente (INE, 1997). El intervalo de temperatura reportado para la Boca del Carmen osciló entre 22.1 °C en noviembre y 30.9 °C en junio (INE, 1997).

Las características químicas del agua dentro de la laguna varían de acuerdo con la estación del año y se determinan por la circulación, la afluencia de los ríos y las especies que habitan la laguna (INE, 1997). Los valores de O₂ disuelto durante las décadas de 1970 y 1980 se encontraban generalmente próximos o mayores a la saturación a causa de la alta oxigenación que era causada por la intensa acción de los vientos, con valores dentro

de un rango de 86 a 150% y un valor promedio de 99.6% (Vázquez Botello, 1978; Contreras, 1985).

La transparencia presentó los valores más bajos en la zona suroeste (inferior a 20%) y los más altos en las zonas norte (entre 60%) y noreste (40%) en las décadas de 1970 y 1980 (EPOMEX, 2000a). Los valores más altos se observaron en la zona norte y noreste debido a la influencia de agua marina con poca materia en suspensión. Como la parte suroeste se encuentra bajo la influencia directa de la descarga de agua dulce de los sistemas fluvio-lagunares, principalmente del Río Palizada, tuvo fuertes aportaciones de materia en suspensión, tanto de sedimentos como de materia orgánica, por lo que la transparencia fue reducida. En la parte central de la laguna los valores de transparencia fluctúan entre 25 y 55%.

A mediados de la década de 1990, las características fisicoquímicas de la Laguna de Términos ya no eran las de las décadas de 1970 y 1980 (EPOMEX, 2000a). La laguna había sufrido una gran influencia de origen antropogénico. En particular, por la industria petrolera y la extracción de crudo que ahora existe en la Sonda de Campeche (INEGI, 1994, 1997), por la deforestación, por el impacto de las actividades de pesca y por el uso extensivo de pesticidas y fertilizantes que son utilizados en la agricultura y llevados a la laguna por los ríos (Benítez y Barcenás, 1996; Botello *et al.*, 1996). Estas actividades modificaron la estructura de la laguna y sus procesos naturales, produciendo cambios en las condiciones hidrológicas, tales como el incremento en la salinidad y la temperatura (Flores-Hernández *et al.*, 2000).

Actualmente, los sistemas fluvio-lagunares de la Laguna de Términos se encuentran perturbados. Las zonas que más cambio han registrado son las bocas de los sistemas Palizada, Balchacah y Candelaria. La primera por el exceso de terrígenos y la

segunda y la tercera por la acumulación de arrecifes de ostión y carga de terrígenos (Herrera *et al.*, 2002; EPOMEX, 2002).

Como resultado de los nuevos intentos por caracterizar a la Laguna de Términos a inicios de la década de 1990, Carranza Edwards *et al.* (1993) mencionan que la Laguna de Términos presentaba dos hábitats o subsistemas ecológicos en la plataforma continental. El primero es la porción oeste que se encuentra frente a la Boca de Puerto Real que es una zona en constante contacto con aguas dulces y estuarinas muy turbias, y que tiene una alta concentración de sedimentos suspendidos (25.2 mg/L), ausencia de plantas bentónicas y sedimentos limo arcillosos (10-60% de CaCO₃) con bajo contenido de materia orgánica (≠10%). El segundo es la porción este, una zona marina típica con aguas claras, pastos marinos y microalgas, y sedimentos arenosos (70-90% CaCO₃) con bajo contenido de materia orgánica (≠10%) (García Abad *et al.*, 1999).

En la década de los 1990 existieron pequeñas diferencias en los intervalos de salinidad entre las épocas de sequía (28.6‰) y de lluvias (9.2‰) debidas a las corrientes (causadas principalmente por el viento del sureste) que provocaron la intrusión de agua salada a la laguna (Ramos-Miranda *et al.*, 2005; Sosa López *et al.*, 2007). La variación espacial de la salinidad estuvo fuertemente influenciada por el régimen hidrológico, ya que la salinidad incrementó en toda la laguna, pero no lo hizo en las zonas que se encuentran cercanas a la Boca del Carmen debido a que esta zona es afectada por la descarga de los sistemas fluvio-lagunares (Ramos-Miranda *et al.*, 2005; Sosa López *et al.*, 2007). Además, se encontró un patrón cíclico en la distribución de la temperatura y la salinidad dadas como diagramas TS (Ramos Miranda *et al.*, 2005). Este patrón cíclico confirma lo mencionado por Yáñez-Arancibia y Day (1982) de la existencia de una temporalidad hidroclimática en las décadas de 1970 y 1980.

En la década de los 1990 la transparencia se hizo más extrema que en las décadas de 1970 y 1980, fue mucho mayor en la zona noreste (alcanzando valores de 85%) y mucho menor en la zona suroeste (con valores de 15%) (EPOMEX, 2000a). Sin embargo, el patrón espacial de transparencia se presentó durante las tres temporadas climáticas del año en las décadas de 1980 y 1990 (EPOMEX, 2000a).

En resumen, aunque las características fisicoquímicas de la laguna fueron diferentes durante las décadas de 1970 a 1990, se observa que la variación espacio temporal de las variables analizadas mostraron una marcada temporalidad durante sequía, lluvias y nortes. También se observa la existencia de un gradiente estuarino que se establece entre la zona de aportes de agua dulce y las zonas de entrada de agua marina, que entra principalmente por la Boca de Carmen y por la Boca de Puerto Real. La transparencia y la salinidad cambiaron notablemente, siendo mayores los valores encontrados en la década de 1990 a los encontrados en las décadas de 1970 y 1980. Las condiciones de mayor salinidad y transparencia de la laguna en la década de 1990 permiten establecer que este aumento es una manifestación de una mayor entrada y permanencia de las masas de agua marina en la Laguna de Términos (EPOMEX, 2000a). La temperatura fue una variable que no presentó cambios drásticos, encontrando siempre temperaturas dentro de los rasgos establecidos para la Laguna de Términos de acuerdo con la temporada climática.

1.3.2 Estudios de toninas

Las toninas explotan una amplia variedad de hábitats, ocupando ambientes tanto oceánicos como costeros, por lo que presentan una distribución casi cosmopolita en todos

los océanos del mundo, con excepción de las zonas polares y subpolares (Rice, 1998; Wells y Scott, 2002; Figura 3). Para todos los océanos del mundo se han descrito dos ecotipos, el oceánico y el costero (Torres *et al.*, 2003).

Para el ecotipo oceánico se ha registrado que sus movimientos son menos restringidos y puede ser encontrado en muchas áreas productivas, en particular en los trópicos. Algunas poblaciones en mar abierto son residentes a los alrededores de islas oceánicas (Reyes, 1991), mientras que el ecotipo costero frecuenta bahías, estuarios, lagunas, bocas de río, zonas de surgencia y otras regiones costeras someras (entre 0.5 y 20 m de profundidad) (Reza García, 2001), presentando patrones de distribución variables, como por ejemplo, poblaciones totalmente residentes a ciertas áreas confinadas (Wells *et al.*, 1987). Por ejemplo, en la Bahía Santa Mónica, California, EE.UU., las toninas se encuentran presentes 80% del tiempo durante todo el año en la bahía en aguas a 0.5 km de la costa (Bearzi, 2005). En el Mar Negro, las toninas tienen movimientos limitados a aguas del interior, ya que la especie parece estar limitada por la temperatura que se encuentra relacionada, directamente o indirectamente a la distribución de las presas (Reyes, 1991). De vez en cuando, las toninas viajan lejos de la costa río adentro, tal como sucede en el Río Candelaria (García, com. pers.; Gallo Reynoso, 1988). Simões-Lopes y Fabian (1999) reportan que las manadas de toninas de la Laguna de Santa Catarina en Brasil se concentraron durante el otoño y el invierno en la boca del canal y que durante el verano las manadas se mueven a zonas de menor profundidad dentro de la laguna.

En las costas de Norteamérica las toninas habitan en zonas con temperaturas superficiales de 10°C a 32°C (Wells y Scott, 2009). En el norte del Golfo de México, en las costas de Louisiana, EE.UU., su distribución está relacionada con la profundidad, la

distancia a la costa y la densidad del alimento, en particular del pez corvina *Micropogonias undulatus* (Good *et al.*, 2006).

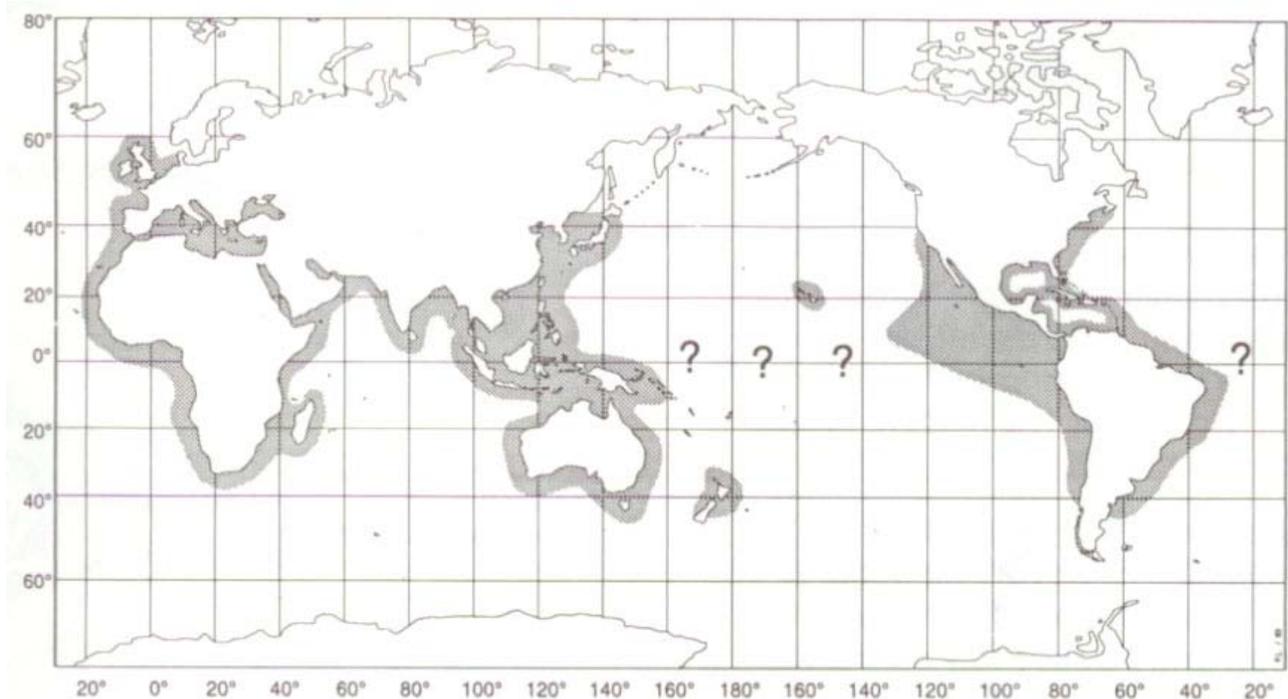


Figura 3. Distribución geográfica de *Tursiops truncatus* tomado de Jefferson *et al.*, 1993). El signo de interrogación indica que en estas regiones no se tiene certeza de que exista la especie.

En un estudio del uso que hacen las toninas en las costas norte y este de Escocia se registró que las toninas fueron encontradas solamente en la región costera con aguas poco profundas, evadiendo las aguas con profundidad mayor a 25 m debido a que en las aguas poco profundas hay una densidad mayor de presas disponibles (Culloch y Robinson, 2008). Sin embargo, en un estudio de la distribución de los cetáceos en relación a los parámetros oceanográficos en el Estrecho de Gibraltar se encontró que la profundidad determinó la presencia de las manadas de toninas, presentándose éstas en zonas de mayor profundidad y asociadas a cachalotes y calderones comunes. Aunque las toninas no tienen la capacidad de poder sumergirse a grandes profundidades como los

cachalotes y calderones, es posible que en esta área la única estrategia de alimentación sea la captura de peces pelágicos a 200 m (De Stepanis, 2008).

En México, las toninas han sido una de las especies de mamíferos marinos mejor estudiadas. La mayoría de los estudios de toninas en nuestro país se han llevado a cabo en el Océano Pacífico (e.g., Ruiz Boijseauneau, 1995; Reza García, 2001). En el Golfo de México, incluyendo las costas de Veracruz, Tabasco y Campeche, la Laguna de Términos es la zona mejor muestreada (Delgado Estrella, 1991). El primer estudio del que se tiene conocimiento con las toninas de la Laguna de Términos es el realizado por Gallo Reynoso (1988) en la Boca del Carmen, en el cual se estudió la composición y estabilidad de las manadas de toninas, así como de los desplazamientos diarios y estacionales y su relación con los factores abióticos y cómo pueden determinar la ausencia o presencia de las manadas de toninas, y encontró que la mayor cantidad de toninas se encontraron en aguas cuya profundidad variaba entre 2 y 3 m y con temperaturas de entre 27 y 28 °C. La salinidad del agua en la que la mayoría de las toninas tenían presencia fue de entre 18 y 28‰. En la Sonda de Campeche, Gallo Reynoso (1988) encontró que las toninas se distribuyeron desde los 3.7 m de profundidad hasta las 45 m, prefiriendo las zonas con profundidades entre 3.7 y 23.7 m y con niveles de salinidad de 36‰. Desde entonces, la mayoría de los estudios realizados en la Laguna de Términos se han realizado sobre la ecología poblacional, distribución y abundancia de las toninas (e.g., Delgado Estrella, 1991, 2002; Escatel Luna, 1997; Guevara Aguirre, 2008); ninguno de estos estudios recientes investigó la relación entre los factores físicos de la laguna y el uso que las toninas hacen de su hábitat.

Para las toninas del resto del Golfo de México sólo se encontró un estudio que abordara la relación entre los factores físicos del océano y cómo dichos factores afectaban

el uso que las toninas hacen de su hábitat (*i.e.*, Vázquez Castán *et al.*, 2007). Se encontró que en las costas de Veracruz la distribución de las manadas de toninas se modificó por la productividad primaria y el tipo de sedimento, pues las manadas de toninas tuvieron preferencia por zonas con fondo arenoso, debido a que este tipo de fondo predominaba en la zona de estudio y con una concentración promedio de clorofila de 663.6 mg/m³ (Vázquez Castán *et al.*, 2007).

En otras zonas del mundo tanto oceánicas como costeras se ha reportado que las variables ambientales más importantes del hábitat de las toninas son la temperatura y la salinidad del agua, la profundidad, el tipo de sedimento y la distancia a la costa (Baumgartner *et al.*, 2001; Morteo *et al.*, 2004; May-Collado y Morales, 2005; Cabrera Arreola y Ortiz Wolford, 2007; Cubero Pardo, 2007). Estas variables determinan la presencia de las manadas de toninas porque parecen generar patrones en la disponibilidad de alimento que, a su vez, determinan la distribución de los delfines.

La temperatura es probablemente uno de los factores más importantes que afectan la distribución de las manadas de toninas (Marcín Medina, 1997), debido al efecto directo sobre su metabolismo y a su efecto indirecto sobre la presencia y distribución de sus presas (Díaz López y Bernal Shiray, 2006). Cubero Pardo (2007) discute que existen otros factores que pueden determinar el comportamiento de las manadas de toninas, ya que en lugares donde se presenta baja profundidad, baja salinidad y una temperatura promedio de 25°C se ha encontrado que el comportamiento más usado por las manadas de toninas es el merodeo y la alimentación. Otro de los factores que pueden llegar a modificar la distribución de las manadas de toninas es el tipo de sedimento, pues las manadas de toninas tienen preferencia por zonas con fondos arenosos (Morteo *et al.*, 2004; Vázquez Castán *et al.*, 2007; Marcín Medina, 2010).

Cabrera Arreola y Ortiz Wolford (2007) registraron que en las costas pacíficas de Guatemala en las zonas de mayor profundidad y con una distancia mayor a la costa, el número de manadas de toninas incrementa, ocurriendo lo contrario en zonas de baja profundidad y cercanas a la costa. Contrariamente, Taylor (1992) encontró que las toninas del centro-oriental del Golfo de California son observadas en mayor proporción en zonas cercanas a las bocas de los estuarios, ya que usan estos sitios para alimentación, mientras que las zonas alejadas de los estuarios fueron utilizadas para viajar. De igual manera, Marcín Medina (1997, 2010) en la Bahía de la Paz, BCS, México registró que las toninas se alimentaron en zonas someras (\leq a 6 m), cercanas a la línea de costa (\leq a 5 m) y cercanas a las bocas, ya que estas zonas se caracterizaron por tener una importante entrada de peces, por lo que las toninas han desarrollado una estrategia de alimentación en la que se mueven en contra de la marea para facilitar la captura de sus presas. De esta forma, maximizan la detección y captura de sus presas (Acevedo, 1991).

1.3.3 Estudios de otras especies de mamíferos marinos

La mayoría de los movimientos de los mamíferos marinos están relacionados con la presencia y distribución de las presas y con los lugares de alta actividad biológica, como lo son las surgencias, las descargas de ríos y las zonas estuarinas (Gendron, 2002; Croll *et al.*, 2005). Por ejemplo, en Cuenca Alfonso en el Golfo de California el incremento de la abundancia de los cetáceos fue debido a cambios en las condiciones fisicoquímicas, como la temperatura, salinidad, la estratificación y biológicas como la productividad primaria y la cantidad de material particulado que son propias del medio que otorgaron un hábitat adecuado para los diferentes requerimientos de misticetos y odontocetos presentes (Pardo

2009). En particular, en los requerimientos de la disponibilidad de sus presas, debido a que la variabilidad en las condiciones fisicoquímicas, como surgencias, la profundidad de la mezcla y la estratificación de la columna de agua tuvieron efectos sobre los productores primarios y, en consecuencia, sobre los niveles tróficos superiores, como lo son los cetáceos. Asimismo la distribución del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) y del delfín listado (*Stenella coeruleoalba*) se encuentra ligada a la disponibilidad de las presas y, para el rorcual común, los movimientos y tamaño de las manadas también se encuentran relacionados con la disponibilidad de alimento, principalmente de eufáusidos (Littaye *et al.*, 2004; Panigada *et al.* 2008).

Las ballenas jorobadas se distribuyen principalmente sobre la plataforma continental y en profundidades de hasta 200 m, donde buscan su alimento (Medrano González y Urbán Ramírez, 2002). También usan aguas donde la temperatura superficial puede hallarse entre 2 a 21 °C (Medrano González y Urbán Ramírez, 2002). En época de invierno, las hembras con crías prefieren aguas someras y tranquilas en zonas tropicales y subtropicales donde la temperatura superficial del agua es de hasta 28 °C, por lo que es poco probable que las ballenas jorobadas se alimenten en época de invierno (Medrano González y Urbán Ramírez, 2002).

Los manatíes son animales muy susceptibles a la hipotermia (O'Shea *et al.*, 1985), por lo que prefieren lugares en donde la temperatura del agua es cálida (Shane, 1984); además buscan refugio para protegerse de depredadores en lugares poco profundos y tranquilos y que presenten una alta productividad primaria, como cualquier área cercana a la desembocadura de un río. Las zonas de descargas de agua dulce también son áreas con una alta abundancia de alimento (pastos marinos) (Packard 1984).

Entonces, para la mayoría de las especies de mamíferos marinos su distribución se encuentra determinada en gran parte por la distribución de sus presas, mientras que la distribución de las presas, a su vez, se encuentra ligada a zonas que presentan una alta productividad primaria.

Adicionalmente, el factor antropogénico también puede llegar a modificar la distribución de los mamíferos marinos debido al ruido ambiental, la fragmentación o la preservación de su hábitat (Azevedo *et al.*, 2007). Para el tucuxi, los delfines de la especie *Sotalia guianensis*, se hallan en aguas de entre 2 y 35 m de profundidad, pero la mayoría de las manadas, el 69.8%, se encontraron entre profundidades de 5.1 y 15 m, con una profundidad promedio de 10 m en hábitats cercanos a la línea de la costa entre 1 y 4 km (Azevedo *et al.*, 2007; Bazzalo *et al.*, 2008). Esto probablemente se deba a que las aguas menos profundas son sitios importantes para el tucuxi de la bahía, ya que estas zonas poco profundas se encuentran localizadas en sitios que están mejor preservados y que tienen una menor actividad humana (Kjerfve *et al.*, 1997; Perin *et al.*, 1997).

1.3.4 JUSTIFICACIÓN

La Sonda de Campeche es la región de nuestro país donde se realiza la mayor extracción de crudo, lo que genera una alta contaminación marina que afecta de diferentes maneras a las poblaciones de toninas, ya sea por el ruido generado por el tráfico marítimo y las actividades en las plataformas, como por la descarga de sustancias tóxicas (Wood y Van Vleet, 1996). Entonces, estudios que aborden el estado ecológico de las poblaciones de toninas de la Laguna de Términos son de alta importancia. Estudios como este trabajo nos permiten conocer cuáles son los rasgos ambientales en donde las manadas de

toninas se encuentran y, por lo tanto, nos ayudan a entender un poco más acerca de la ecología de estos animales y del uso que hacen de su hábitat.

En el estudio más reciente de la Laguna de Términos se abordó la distribución y abundancia de las toninas entre 2004 y 2006 y se encontró que la distribución de los delfines fue bastante homogénea con el paso del tiempo y relativamente constante durante todos los muestreos de 2004 y a principios de 2005 (Figura 4), a pesar de que las manadas de toninas no se encontraban exactamente en los mismos lugares (Guevara Aguirre, 2008). También se encontró que existieron cambios temporales graduales tanto en la distribución (Figura 4), como en la abundancia relativa de las toninas (Figura 5) que no se relacionaron con la estacionalidad climática, sino con la ocurrencia de huracanes (Guevara Aguirre, 2008). Guevara Aguirre (2008) utilizó un índice de distancias para medir la distribución de las manadas de toninas, encontrando que este índice representó de la misma manera a la abundancia relativa de las toninas (Figuras 4 y 5).

Además, también se realizó un estudio espacial de la abundancia y distribución de las toninas en zonas en la Laguna de Términos entre 2004 y 2005 y se encontró que no existió ni una relación entre la distribución y abundancia espacial con la estacionalidad climática, ni una diferencia en el uso de las distintas zonas de la laguna (López Padierna, 2007).

ID	Ecuación de ajuste	R ²	N
Por muestreo	$7E-12x^4 - 1E-06x^3 + 0.064x^2 - 1635.9x + 2E+07$	0.451	16
Por salida	$-7E-12x^4 + 1E-06x^3 - 0.0634x^2 + 1621.4x - 2E+07$	0.851	8

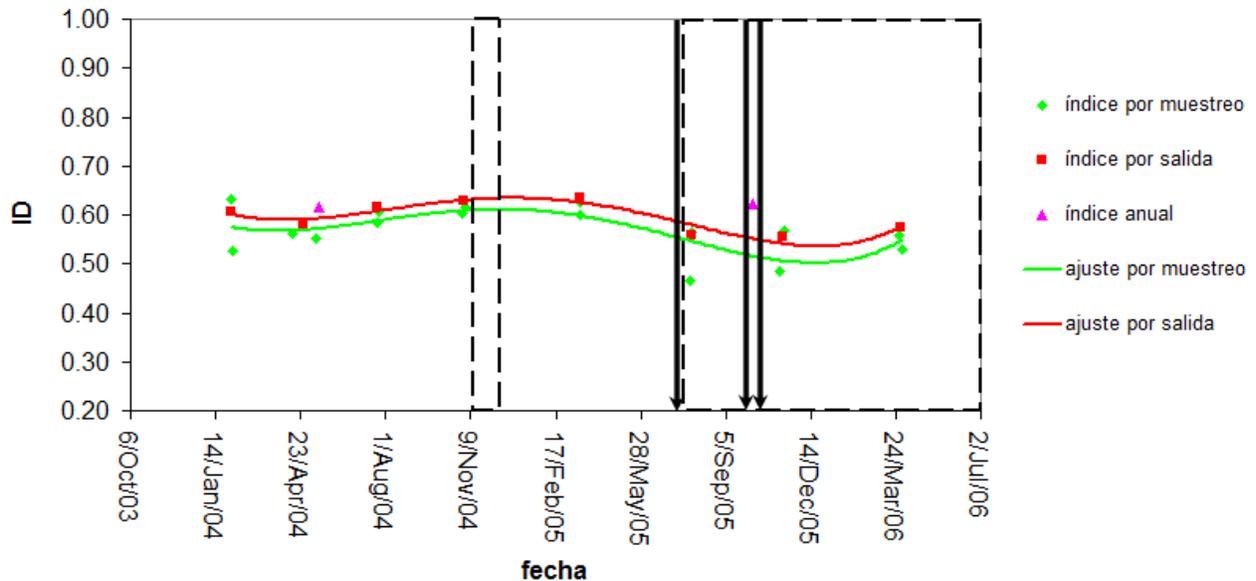


Figura 4. Índice de distancias (ID) por muestreo, por salida y por año para el periodo 2004-2006. El ID representa la distribución de las manadas en Laguna de Términos. Las líneas negras verticales indican la fecha en la que distintos huracanes afectaron la península de Yucatán (Emily el 10/julio/2005, Stan el 01/octubre/2005 y Wilma el 15/octubre/2005) y los cuadros punteados indican el periodo durante el cual estuvo operando una draga en Boca de Puerto Real (de noviembre a diciembre, 2004 y de julio, 2005 a abril, 2006). Los ajustes realizados son polinomios de cuarto orden (modificado de Guevara Aguirre, 2008).

Al no existir una relación ni espacial ni temporal en la distribución y abundancia de las toninas en la Laguna de Términos, este estudio buscó caracterizar el hábitat utilizado por las toninas independientemente de la temporada climática en que se muestrearon y del lugar específico donde se encontraron para contribuir con la generación de información que aporte conocimiento acerca de las preferencias de hábitat de las manadas de toninas. Como se mencionó, son muy pocos los trabajos que se han realizado acerca de la relación de las toninas con las características ambientales de su hábitat. Se sabe que las manadas de toninas utilizan a las lagunas costeras como zonas de descanso y reproducción (Shane *et al.*, 1986), por lo tanto, es importante conocer cuáles son los rasgos ambientales en donde las manadas de toninas se encuentran.

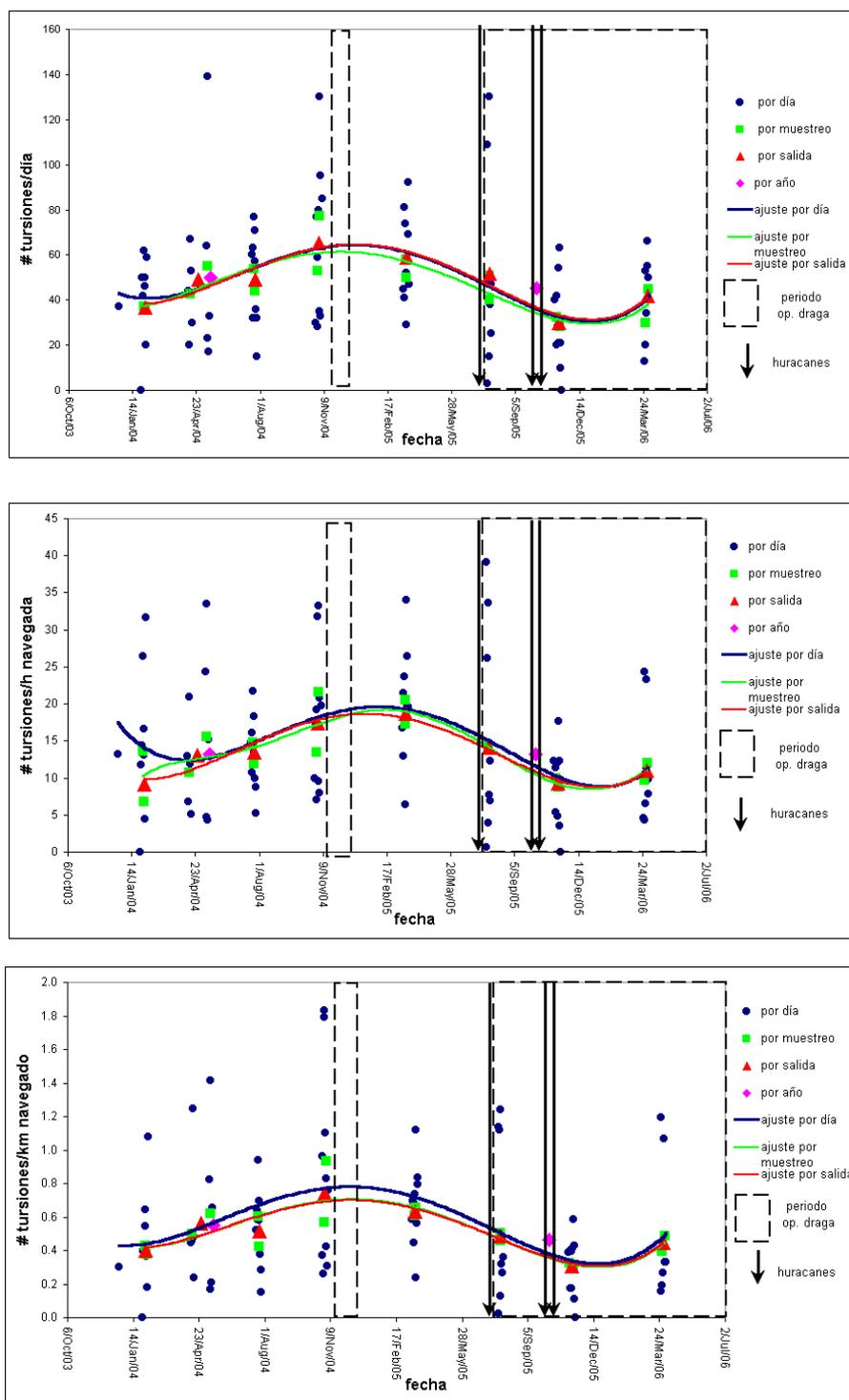


Figura 5. Número de toninas avistados en Laguna de Términos por día, por muestreo, por salida y por año para el periodo 2004-2006 dando los valores como el número de tursiones avistados por día, por hora navegada o por kilómetro navegado. Las líneas negras verticales indican la fecha en la que distintos huracanes afectaron la península de Yucatán (Emily el 10/julio/2005, Stan el 01/octubre/2005 y Wilma el 15/octubre/2005) y los cuadros punteados indican el periodo durante el cual estuvo operando una draga en Boca de Puerto Real (de noviembre, 2004 a diciembre, 2004 y de julio, 2005 a abril, 2006). Los ajustes realizados son polinomios de cuarto orden (tomada de Guevara Aguirre, 2008).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo fue relacionar la presencia de toninas con las características del hábitat que se presentaron durante el periodo 2004-2008 en la Laguna de Términos, Campeche.

2.2 Objetivos particulares

- 1.- Determinar las características del ambiente en donde se encontraron presentes las manadas de toninas entre 2004 y 2008 en la Laguna de Términos, Campeche.
- 2.- Determinar qué características del ambiente conforman el hábitat de las toninas en la Laguna de Términos, Campeche entre 2004 y 2008.
- 3.- Relacionar la distribución de las toninas en la Laguna de Términos en Campeche entre 2004 y 2008 con las características del ambiente.

3. HIPÓTESIS

Se espera que la presencia de manadas de toninas en la Laguna de Términos se dé en lugares donde la disponibilidad de presas sea favorecida. Entonces, se espera que la salinidad (entre 9.2⁰/₀₀ y 28.6⁰/₀₀, Ramos-Miranda *et al.*, 2005; Sosa López *et al.*, 2007), el tipo de sedimento (desde arena, lodo grueso y hasta lodo fino, Yáñez Correa, 1963), la visibilidad (desde 15% hasta 85%, EPOMEX, 2000a), el estado del mar (variaciones en el estado del mar causadas prevalentemente por los fuertes vientos provenientes del norte, INE, 1997) y la distancia al Río Palizada (gran aporte de productividad primaria favorecido por las desembocaduras de los ríos, Gendron, 2002; Croll, *et al.*, 2005) sean parámetros importantes debido a que varían considerablemente a la largo de la Laguna de Términos. Estas características del ambiente deberán de ser distintas a las encontradas en los lugares donde las manadas de toninas se encontraron ausentes.

En este estudio se considera que ni la temperatura ni la profundidad, a pesar de ser dos de los parámetros reportados como importantes para la determinación de la distribución de las toninas (Cabrera Arreola y Ortiz Wolford 2007; Cubero Pardo, 2007), puedan afectar la presencia de toninas y/o de sus presas porque en Laguna de Términos no existieron variaciones considerables en estas variables. La Laguna de Términos tuvo una profundidad promedio de 3.1±0.1 m y poca variabilidad en la temperatura del agua en un mismo muestreo (desviación estándar promedio por muestreo de ±1.0 °C), aunque si existieron variaciones estacionales (temperatura entre 22 y 32 °C).

4. MÉTODOS

4.1 Toma de datos

Los datos fueron recolectados durante 18 salidas de campo a la Laguna de Términos, Campeche, con una duración de 5 a 10 días por salida en el periodo comprendido de enero de 2004 hasta noviembre de 2008. Estos datos fueron parte del proyecto “Las emisiones acústicas de tursiones (*Tursiops truncatus*) del Golfo de México: Aplicaciones al uso de hábitat, variaciones geográficas e identificación individual”, apoyado por el Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Campeche y PAPIIT-UNAM a través de la Dra. María del Carmen Bazúa Durán, en el que se participó entre agosto de 2006 y noviembre de 2008.

Las salidas a la Laguna de Términos se efectuaron cada tres o cuatro meses. Esto se hizo para que cada salida correspondiera con una de las tres temporadas climáticas que predominan en la zona de estudio (*i.e.*, nortes, sequía y lluvias), por lo que un año calendario fue representado por tres salidas. Los recorridos en la laguna se efectuaron entre las 7:00 y 20:00 h con embarcaciones menores de 5 m de eslora y con un motor fuera de borda de 60 HP (lancha tipo panga). Se realizaron recorridos en transectos semilineales utilizando estaciones predeterminadas para cubrir toda la extensión de la Laguna de Términos al menos una vez en una salida (Figuras 6 y 7).

Durante las salidas de enero de 2004 a abril de 2006 se realizaron dos recorridos completos, mientras que en las salidas siguientes (de agosto de 2006 a noviembre de 2008) sólo se realizó un recorrido completo a la laguna, por lo que se efectuaron 22

recorridos completos de la Laguna de Términos en las 18 salidas de cinco años. El número de estaciones predeterminadas que se muestrearon en cada salida se redujo de 57 a 23 cuando se comenzó a muestrear la laguna una sola ocasión (a partir de agosto de 2006, Figura 6, Tabla 1) al escoger las estaciones a muestrear de manera equidistante para representar las características ambientales de manera semejante a como se había hecho con anterioridad (Figura 6). Sin embargo, aunque no se muestrearon las 57 estaciones, siempre se realizaba el recorrido de toda la laguna considerando las 57 estaciones (e.g., Figura 7).

Durante los recorridos la embarcación fue guiada utilizando un geoposicionador satelital (Magellan, mod. Meridian Marine), controlando el rumbo y la velocidad de desplazamiento de la embarcación, que se intentaba mantener entre 20 y 28 km/h (*i.e.*, entre 10 y 15 kt). Al llegar a cada una de las estaciones predeterminadas, la embarcación era detenida para realizar las mediciones de los rasgos del ambiente. Se anotaba la hora y la posición geográfica de arribo y se llevaban a cabo las mediciones de nueve características del ambiente: profundidad, visibilidad, estado del mar (escala Beaufort), tamaño de las olas, dirección y velocidad del viento, nubosidad y salinidad y temperatura superficial del agua (Tabla 2). Cuando ocurría cada avistamiento de toninas (Figura 8) se registró el número de avistamiento, la hora del avistamiento y tanto la posición geográfica de la embarcación cuando ésta se encontraba en la cercanía de las manadas de toninas (tomada con el GPS), como las mediciones de las nueve características del ambiente mencionadas anteriormente.

Cuatro parámetros ambientales fueron medidos con equipos especializados para cada variable (profundidad, visibilidad, salinidad, y temperatura) y cinco de ellos fueron

estimados por uno de los observadores que asistió a todas las salidas de campo (estado del mar, tamaño de las olas, dirección y velocidad del viento y nubosidad).

Tabla 1. Toma de datos que se llevaron a cabo durante 2004-2008, mencionando el número de estaciones predeterminadas que se muestrearon durante cada recorrido completo de Laguna de Términos.

Número y periodo de muestreo	Número de estaciones predeterminadas	Número y periodo de muestreo	Número de estaciones predeterminadas
1 ene/04	57	12 jul/05	57
2 ene/04	57	13 nov/05	57
3 abr-may/04	57	14 nov/05	57
4 abr-may/04	57	15 mar-abr/06	57
5 jul/04	57	16 mar-abr/06	57
6 jul/04	57	17 ago/06	23
7 oct-nov/04	57	18 oct/06	23
8 oct-nov/04	57	19 mar/07	23
9 mar/05	57	20 oct/07	23
10 mar/05	57	21 abr/08	23
11 jul/05	57	22 nov/08	23

Tabla 2. Hoja de recolección de datos en el campo, mostrando todas las variables que se midieron en cada estación

LAGUNA DE TÉRMINOS LOG 2004 (AMBIENTAL ESTACIONES)

Fecha _____ Tripulación _____

Área _____ Transectos # _____ Embarcación _____ Recordista _____

Hora de arribo	Hora de partida	Latitud	Longitud	Temp. (°C)	Salin. ‰	Prof. (m)	Visibilidad (m)	Nubosidad	Beaufort	Tam olas (ft)	Dir. viento	Vel.viento (kt)

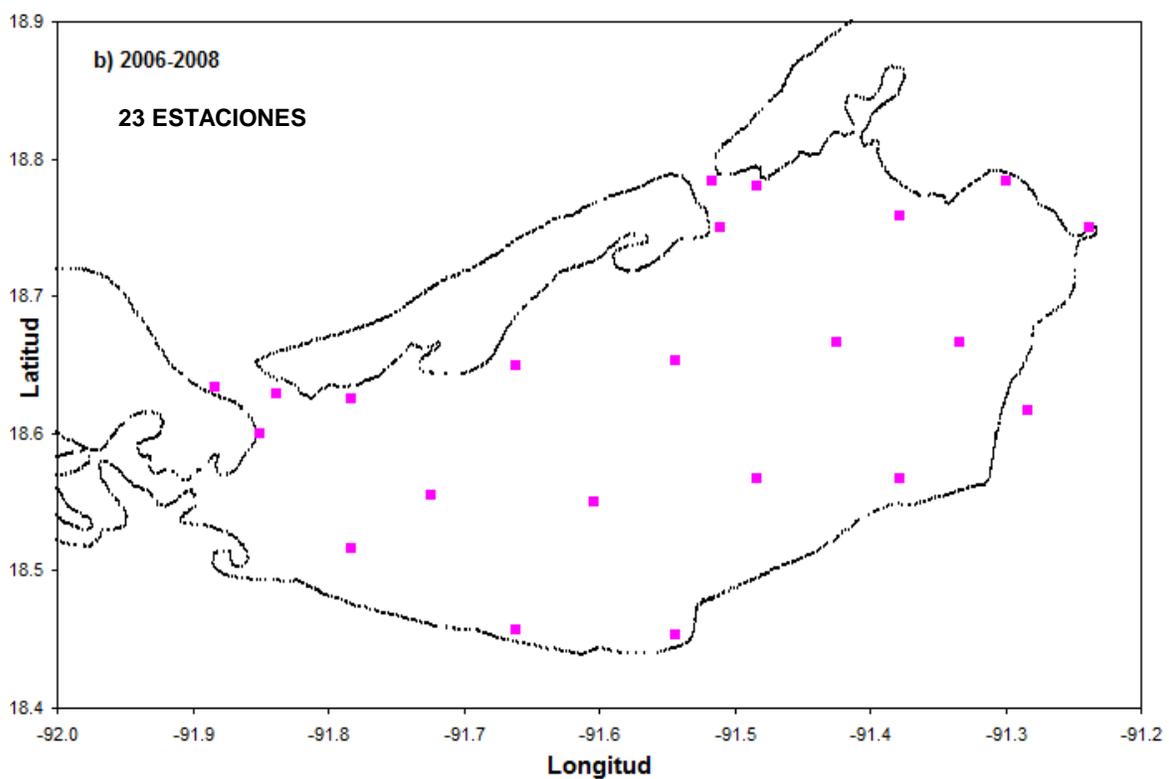
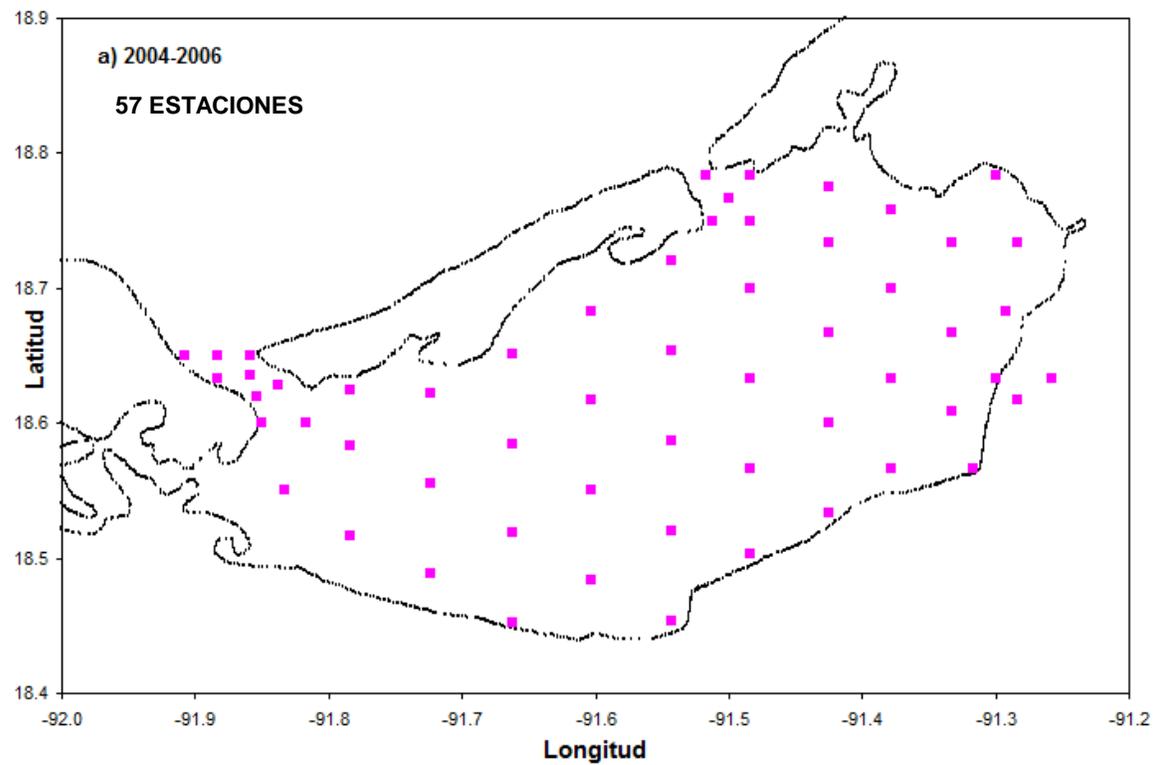


Figura 6. Localización de (a) las 57 estaciones de estudio con las que se muestrearon las toninas entre enero de 2004 y abril de 2006 y (b) las 23 estaciones con las que se muestrearon entre agosto de 2006 y noviembre de 2008.

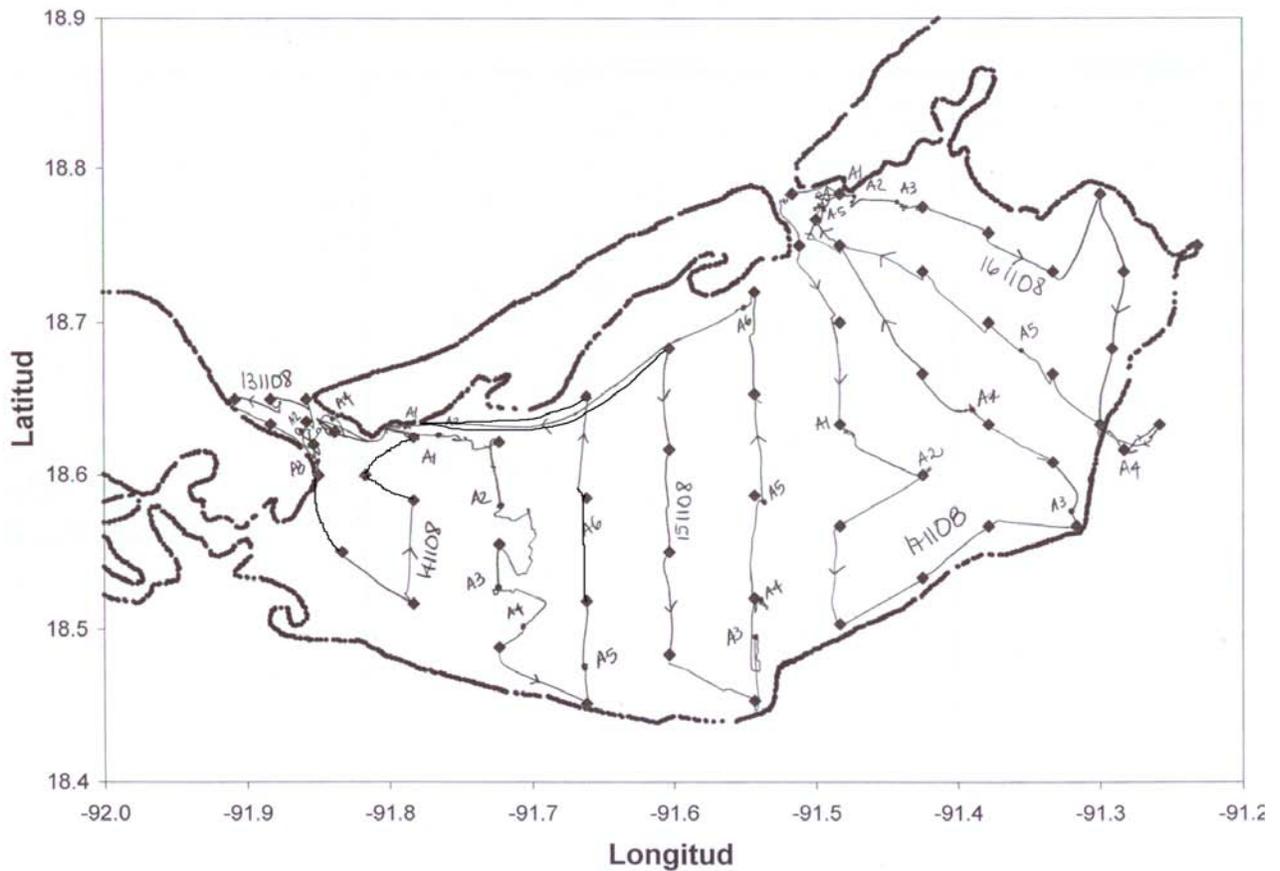


Figura 7. Detalle de un recorrido completo de la laguna que se realizó para cada muestreo de toninas en la Laguna de Términos en Campeche, México, entre enero de 2004 y noviembre de 2008.

La profundidad se midió con un sonar portátil o profundímetro Vexilar-RJE Internacional mod. Dive-Scan que da lecturas entre 1 y 60 m con una precisión de ± 0.5 m. Para medir la visibilidad se usó un disco de Secchi que nos proporciona una estimación de la penetración luminosa en el agua entre 0 y 300 cm con una precisión de ± 5 cm. La medición de la salinidad se realizó con un refractómetro Atago mod. S/Mill-E para salinidades entre 0 y 100 partes por mil (‰), con una precisión de ± 0.5 ‰. Para medir la temperatura se utilizó un oxímetro con termómetro YSI mod. 57 para temperaturas entre -5 y 45 °C, con una precisión de ± 0.5 °C.



Figura 8. Avistamiento de manadas de toninas en Laguna de Términos (Foto: Gutiérrez, 2006).

El estado del mar se evaluó con la escala Beaufort, que es una medida empírica que utiliza la velocidad del viento, la cantidad de espuma presente sobre la superficie del mar y el tamaño de las olas (Huler, 2004). Un valor de 0 Beaufort representa una superficie del mar como un espejo, un valor de 1 cuando había olas sin espuma, de 2 cuando había olas sin espuma de más de 1 pie de alto, de 3 cuando comenzaba a existir espuma sobre la superficie del mar y de 4 cuando había mucha espuma y comenzaban a romper las olas. Nunca se navegó cuando el estado del mar era mayor a Beaufort 4. El tamaño de las olas se estimó sacando un promedio mental de la altura entre la cresta y el valle de todas las olas con una precisión de ± 0.1 pie (equivalente a ± 3 cm) cuando las olas eran menores a un pie (equivalente a 30 cm) y de ± 0.5 pie (equivalente a ± 15 cm)

cuando las olas eran mayores a un pie. Se determinó la dirección de la que venía el viento usando la nomenclatura N-S en mitades de cuadrante (*i.e.*, N, NE, E, SE, S, SW, W y NW) y se le asignó un valor equivalente en grados a cada mitad de cuadrante (*i.e.*, 360, 45, 90, 135, 180, 225, 270 y 315). La velocidad del viento se estimó en nudos (kt), dando un valor aproximado en nudos y un intervalo de cada 5 nudos, es decir 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 kt. Finalmente, se estimó la nubosidad al obtener el porcentaje de la cantidad de nubes presentes en la porción de cielo visible al momento de la medición de los parámetros ambientales.

Durante la travesía de estación a estación se mantenía la búsqueda de toninas. Si se tenía el avistamiento de toninas (Figura 8), la lancha era detenida y se tomaba la hora del avistamiento de la manada, así como la posición geográfica de la embarcación cuando ésta se encontraba cercana a la manada. Posteriormente, se realizaba la medición de las nueve características del ambiente arriba mencionadas en un lugar cercano a las toninas durante los 10 primeros minutos del avistamiento. Durante las navegaciones se contó, en promedio, con cuatro personas que auxiliaron con la toma de datos de los parámetros ambientales y para la búsqueda de las manadas de toninas.

Adicionalmente, se determinó el tipo de sedimento que existía en cada estación y avistamiento utilizando una carta náutica del tipo de sedimento de la Laguna de Términos (Figura 9) (Carta Náutica S.M. 841). El tipo de sedimento se clasificó como lodo fino, lodo grueso y arena fina. Para asignar un valor numérico al tipo de sedimento se utilizó el valor promedio del diámetro de la partícula en milímetros según la clasificación de Folk (1980), es decir, 0.011 mm para el lodo fino, 0.044 mm para el lodo grueso y 0.177 mm para la arena fina. También se calculó la distancia de las estaciones o de las manadas de toninas a la desembocadura del Río Palizada utilizando una distancia georeferenciada (ver Anexo

I para los detalles del cálculo). Entonces, se utilizaron once características del ambiente para los lugares que correspondían a cada estación predeterminada y a cada avistamiento de toninas.

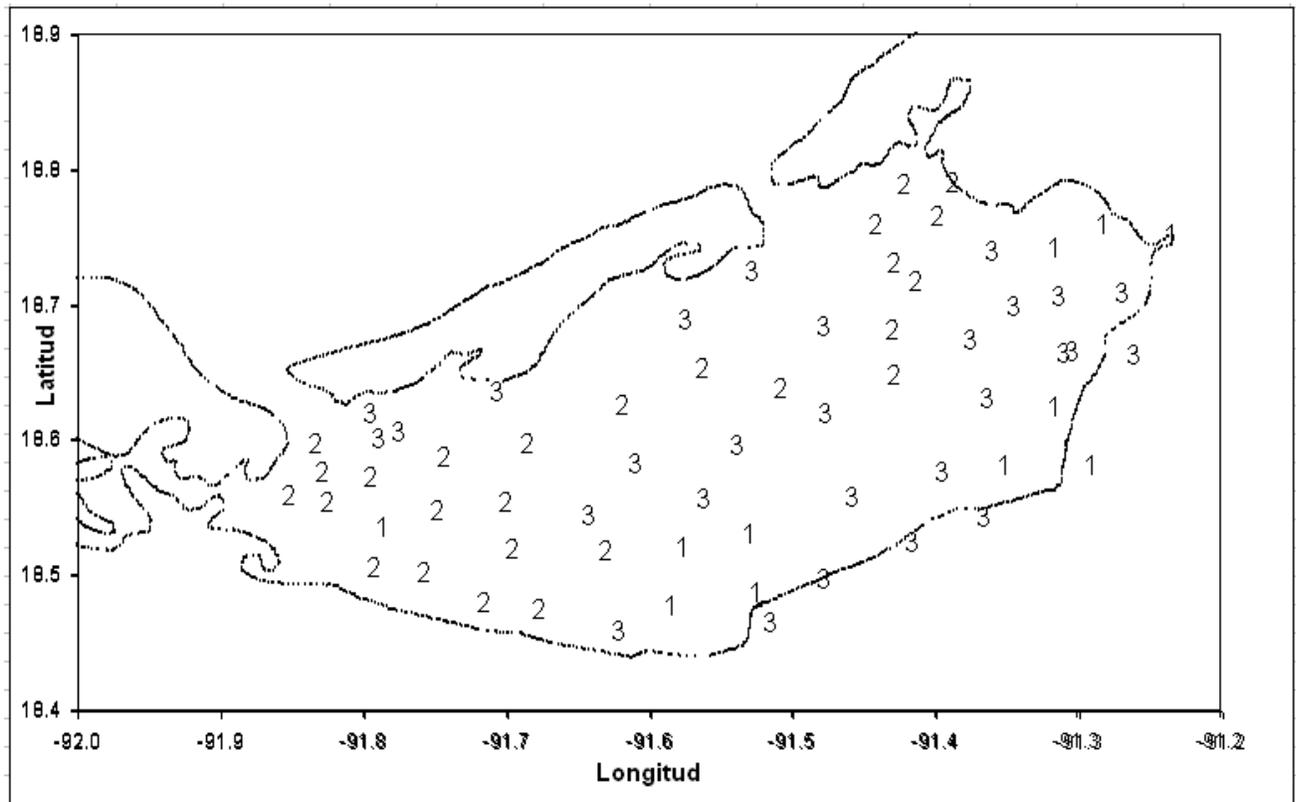


Figura 9. Tipo de sedimento de la Laguna de Términos. Datos de la carta náutica S.M. 841. 1= lodo fino, 2 = lodo grueso y 3 = arena fina.

4.2 Índice de distancias

En un trabajo previo (Guevara Aguirre, 2008) se utilizó un índice de distancias (*ID*) para medir la distribución de las manadas de toninas en la Laguna de Términos, encontrando que el valor del *ID* representó de manera inversa a la abundancia relativa de toninas (calculada como el número de toninas por día, hora o kilómetro navegados).

Entonces, este *ID* además de dar a conocer el grado de homogeneidad en el que estaban distribuidas las manadas de toninas en la Laguna de Términos durante cada muestreo durante los cinco años de estudio, también indica la tendencia de la abundancia relativa de las toninas en la Laguna de Términos con el tiempo.

Como se encontró que el *ID* calculado por Guevara Aguirre (2008) representaba de manera inversa a la abundancia relativa de toninas, se procedió a invertirlo para que fuera proporcional a la abundancia relativa, de tal forma que el *ID* se calculó como:

$$ID = 1 - \left\{ \frac{\left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N \sqrt{(latitud_i - latitud_j)^2 + (longitud_i - longitud_j)^2} \right] (60)(1.852)}{d_{max} \frac{N(N-1)}{2}} \right\},$$

donde la latitud y longitud están en grados, *N* es el número total de manadas avistadas durante cada recorrido completo de la laguna y *d_{max}* es la distancia máxima promedio en km entre dos avistamientos de cada recorrido completo. Las distancias entre avistamientos se obtuvieron en grados, por lo que se multiplicaron por 60 y por 1.852 para convertirlas en kilómetros al considerar que 1 minuto es igual a una milla náutica o 1.852 km (1 minuto latitud = 1 milla náutica). Este índice de distancias utiliza la distancia lineal entre cada uno de los avistamientos que se registraron en la zona de estudio y no toma en cuenta la curvatura de la tierra, debido a que resulta despreciable por la escala en la que se trabajó (Guevara Aguirre, 2008). Cabe señalar que no es necesario convertir las distancias calculadas de grados a kilómetros para obtener el *ID*. La conversión se realizó para obtener valores de la distancia entre avistamientos en unidades con las que se está familiarizado, es decir, kilómetros.

Entonces, un valor del *ID* cercano a uno indicó que las manadas de toninas se encontraban a menor distancia entre ellas en la Laguna, es decir, distribuidas más homogéneamente, mientras que un valor cercano a cero indicó que las manadas de toninas se encontraban más alejadas entre ellas, es decir, distribuidas más heterogéneamente. El valor del *ID* nos puede dar una idea general de si existen diferencias en la distribución de las manadas de toninas entre los muestreos y cómo cambió la distribución de las manadas en la laguna en el tiempo (Guevara Aguirre, 2008).

Como la distribución de las manadas de toninas posiblemente se encuentra relacionada con las características físico-químicas de la laguna, como se describió en los antecedentes, si se encontrara un valor cercano del *ID* a uno, nos indicaría que las manadas de toninas se encuentran muy cercanas entre ellas distribuidas en toda la laguna, por lo que toda la laguna tendría el hábitat ideal para las toninas con sus particulares y homogéneas características físico-químicas. De lo contrario, un valor cercano a cero indicaría que existe más de una zona en la Laguna de Términos que favorece la aparición de las manadas de toninas y cada una de ellas debe contar con ciertas características físico-químicas.

Para el cálculo de este *ID* se utilizaron otros cuatro muestreos no enlistados en la Tabla 1 (jul-ago 07; oct-nov 07; abr 08; ago 08) para un total de 26 muestreos (que representan las tres temporadas climáticas de cinco años). Estos muestreos no fueron considerados para la comparación de las características del ambiente debido a que durante estos muestreos no se realizó la toma de todos los parámetros ambientales como en los otros 22 muestreos, pero sí se tomaron datos de las posiciones geográficas de las manadas de toninas, por lo que sí se podían utilizar para el cálculo del *ID*.

4.3 Análisis de datos

Para poder relacionar la presencia de las toninas con las características del hábitat de la Laguna de Términos durante 2004-2008 se realizó una base de datos con el programa de cómputo Excel en donde se listaron todos los datos recolectados en campo y obtenidos de la literatura de acuerdo a si había presencia o no de toninas, considerando que cada fila corresponde a una manada de toninas o a una estación con ausencia de toninas.

Las estaciones que se muestrearon en la Laguna de Términos fueron divididas en estaciones con presencia de toninas y estaciones sin presencia de toninas. Las estaciones con delfines corresponden a las estaciones predeterminadas más cercanas a cada avistamiento de toninas y las estaciones sin delfines fueron las estaciones predeterminadas que no estuvieron cercanas a los avistamientos de las toninas, por lo que una estación sin presencia de toninas fue el complemento del total de estaciones muestreadas. Entonces, se obtuvieron tres bases de datos: delfines (DEL), estaciones predeterminadas con delfines (ESTDEL) y estaciones predeterminadas sin delfines (EST). La base de datos DEL corresponde a los lugares donde se tuvieron avistamientos de toninas en la Laguna de Términos.

Tanto las estaciones con presencia de toninas (ESTDEL) como las estaciones sin presencia de toninas (EST) formaban parte del hábitat de las toninas en la Laguna de Términos, pero no siempre se avistaron toninas exactamente en el lugar donde se muestreó cada estación predeterminada. Al hacer esta distinción en las estaciones predeterminadas se quiso tomar en cuenta que las toninas se mueven a lo largo de la laguna.

Las tres bases de datos se compararon por pares (*i.e.*, Estaciones vs. Delfines, Estaciones vs. Estaciones con delfines y Estaciones con delfines vs. Delfines) para determinar si existían factores del ambiente que favorecían la presencia de las toninas en la Laguna de Términos. Primero se efectuaron análisis descriptivos, tales como el promedio, la desviación estándar, el mínimo y el máximo de las variables, para observar si existían diferencias evidentes entre los lugares con presencia o ausencia de toninas (Tabla 4). También se realizaron un análisis de componentes principales (ACP) para determinar si existía una relación entre las variables y unas gráficas de ocurrencia para determinar la distribución de los valores de los datos de cada variable.

Para buscar diferencias entre la bases de datos se realizó un análisis multivariado de varianza (ANMDEVA). Se obtuvo una lambda, λ de Wilks y un valor de p que indicó si existían o no diferencias significativas entre las bases de datos utilizando los once parámetros ambientales mencionados.

Para determinar cuáles de los once parámetros ambientales eran más relevantes se realizó un análisis univariado de varianza (ANDEVA). Se compararon las bases de datos utilizando cada uno de los once parámetros ambientales de forma univariada utilizando la prueba de Tukey, obteniendo un valor de Fisher, F y un valor de p que nos indicó si existían o no diferencias significativas para cada una de las variables que se midieron entre la comparación de pares de bases de datos. Todos estos análisis se realizaron con el programa Statistica[®] 7.0 (StatSoft, Inc. 1984-2004).

5. RESULTADOS

5.1 Esfuerzo de observación

Durante la realización del proyecto se trabajó un total de 88 días y se recorrieron 9334.5 kilómetros en 316.6 horas efectivas de navegación y búsqueda de toninas en donde se observaron 361 manadas de toninas (Figura 10) y se muestrearon 1144 estaciones en los 5 años que duró este proyecto. En todos los muestreos se avistaron toninas. En 2004 se observaron 125 manadas de toninas en ocho muestreos, en 2005 se registraron 90 manadas en seis muestreos, en 2006 se registraron 61 manadas en cuatro muestreos, en 2007 se registraron 35 manadas en dos muestreos y en 2008 se observaron 50 manadas de toninas en dos muestreos.

5.2 Índice de distancias

El índice de distancia *ID* varió entre muestreos entre 0.50 y 0.64, con un valor promedio de 0.57 ± 0.4 (Tabla 3), lo cual indica que las manadas se distribuyeron homogéneamente en la laguna, no importando la temporada que se estuviera muestreando. Entonces, la abundancia relativa de las manadas fue muy similar durante los 5 años que duró este proyecto (Figura 11).

El valor promedio del índice nos muestra que las toninas se encuentran distribuidas en toda la laguna, pero que existen aglomeraciones en algunos lugares que

probablemente presentan características del ambiente que favorecen la aparición de manadas de toninas en la Laguna de Términos.

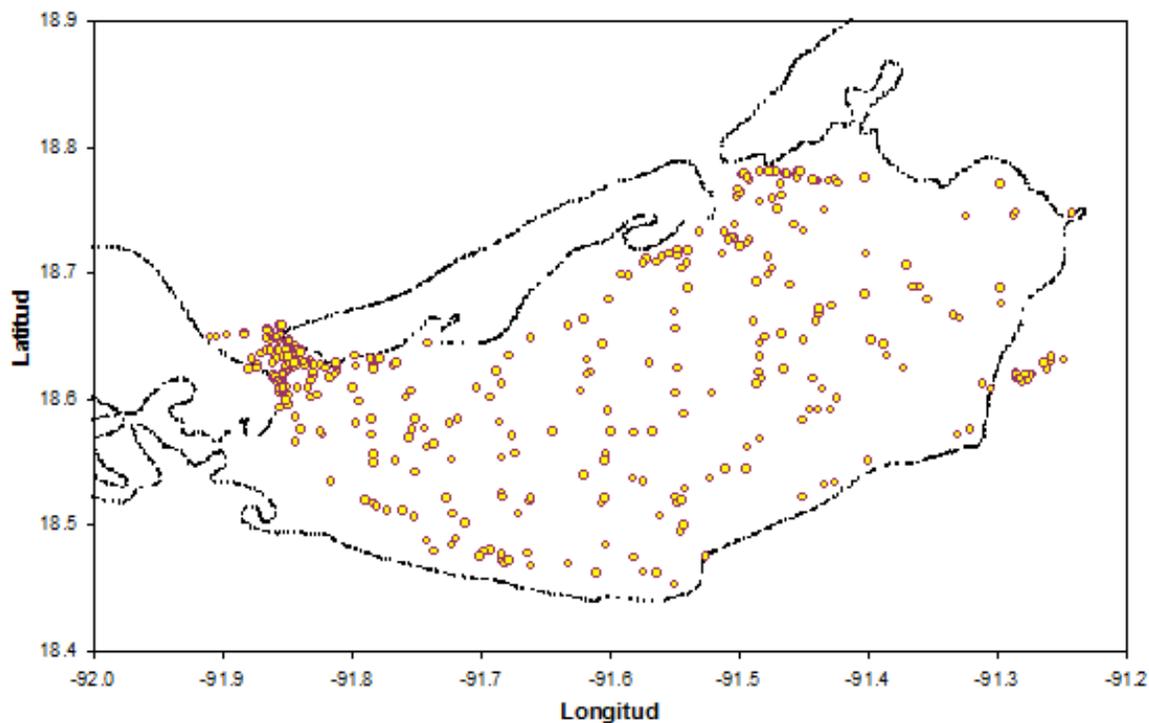


Figura 10. Mapa de la Laguna de Términos que muestra el total de avistamientos de toninas en los 22 muestreos realizados entre enero de 2004 y noviembre de 2008.

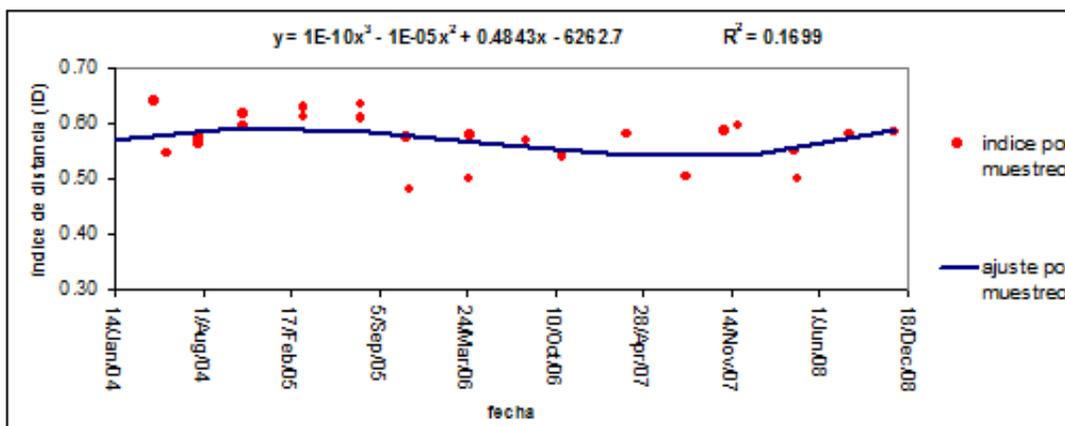


Figura 11. Índice de distancias (ID) para cada uno de los 26 muestreos durante el periodo comprendido entre enero de 2004 y noviembre de 2008. El ID representa de manera directa la distribución de las manadas de toninas. El ajuste realizado es un polinomio de cuarto orden.

Tabla 3. Índice de distancias (*ID*) calculado para los 26 muestreos (un recorrido completo a la Laguna de Términos) realizados durante los cinco años 2004-2008 que duró este estudio.

MUESTREOS	ID	MUESTREOS	ID
2004		2006	
ene-feb-04	0.64	mar-abr-06	0.57
ene-feb-04	0.55	mar-abr-06	0.54
abr-may-04	0.57	ago-06	0.58
abr-may-04	0.56	oct-06	0.50
jul-04	0.59	2007	
jul-04	0.62	mar-07	0.59
oct-nov-04	0.61	jul-ago-07	0.59
oct-nov-04	0.63	oct-nov 07	0.55
2005		oct-nov-07	0.50
mar-05	0.63	2008	
mar-05	0.61	abr-08	0.58
jul-05	0.58	abr-08	0.58
jul-05	0.48	ago-08	0.55
nov-05	0.50	nov-08	0.59
nov-05	0.58		
PROMEDIO ± D.E		0.57 ± 0.04	
TOTAL		0.75	

5.3 Medidas de tendencia central

Al observar las medidas de tendencia central de las once variables medidas se intuye que cinco de estas variables ambientales probablemente tengan diferencias al ser comparadas las diferentes bases de datos: la profundidad, la visibilidad, la dirección del viento, el tipo de sedimento y la distancia al Río Palizada (Tabla 4). Tal parece que los lugares donde no se registraron avistamientos de toninas presentaron una menor

profundidad, una mayor visibilidad, vientos predominantes del E, sedimento con menor tamaño de partícula (*i.e.*, lodo) y una mayor distancia a la desembocadura del Río Palizada. Entonces, las toninas probablemente se encontraron en lugares profundos, con poca visibilidad, con vientos predominantes del SE, con fondos más arenosos que lodosos y a menor distancia de la desembocadura del Río Palizada (Tabla 4). La temperatura, la salinidad, el estado del mar, la nubosidad, el tamaño de las olas y la velocidad del viento fueron semejantes en las zonas con presencia y ausencia de toninas.

En las gráficas de ocurrencia de las once variables ambientales para las tres bases de datos se observa que existen variaciones en el número de observaciones para ciertos valores de cada variable (Figura 12 a la 22). Para la profundidad, la temperatura, el estado del mar, el tamaño de las olas, la nubosidad y el tipo de sedimento se encontró que existieron en las tres bases de datos una mayor cantidad de observaciones para profundidades menores a los cinco metros (Figura 12), para temperaturas entre 26 y 29 °C (Figura 15), para estados del mar entre 0.5 y 1 Bft (Figura 16), para tamaño de olas entre 0 y 0.5 ft (Figura 17), para nubosidades entre 0 y 20 % (Figura 18) y para el tipo de sedimento arenoso (de 0.16-0.18 mm) (Figura 21). Para la visibilidad, la salinidad, la dirección y la velocidad del viento y la distancia al Río Palizada se encontró una mayor cantidad de observaciones en la base de datos de ausencia de toninas para visibilidades en el intervalo de 1 a 4% de la profundidad de la laguna (Figura 13), para salinidades en el intervalo de 25 a 30 ‰ (Figura 14), para direcciones del viento en el intervalo 0-150° (de N a SE) (Figura 19), para velocidades del viento en el intervalo de 2 a 6 kt (Figura 20) y para distancias al Río Palizada en los intervalos de 10 a 20 km y de 40 a 50 km (Figura 22) y en las bases de datos con presencia de toninas para el intervalo de 0 a 4% de la profundidad de la laguna en la visibilidad (Figura 13), para el intervalo de 25 a 35 ‰ en la salinidad

(Figura 14), para el intervalo de 50-150° en la dirección del viento (de NE a SE) (Figura 19), para el intervalo de 1 a 6 kt en la velocidad del viento (Figura 20) y para el intervalo de 10 a 20 km en la distancia al Río Palizada (Figura 22).

Tabla 4. Resultados del análisis de tendencia central (promedio y desviación estándar) de las características de los lugares donde se encontraron las manadas de toninas y de las estaciones con ausencia y presencia de toninas. Los valores en negritas indican que esta característica del ambiente probablemente fue diferente entre pares de bases de datos. La letra "b" significa que este valor presenta aparentemente diferencias con las bases de datos que presenten la misma letra. La letra "a" significa que no existen diferencias aparentes entre las bases de datos con la misma letra. N=número de datos.

VARIABLES AMBIENTALES	ESTACIONES	DELFINES	ESTACIONES CON DELFINES
Profundidad (m)	3.11 ± 1.19 b	4.27 ± 2.66 b	3.71 ± 2.03 b
mínimo máximo	0.50 11.70	1.20 27.00	0.40 12.90
Visibilidad (fracción de z)	0.402 ± 0.274 b	0.222 ± 0.153 b	0.265 ± 0.194 b
mínimo máximo	0.017 1.000	0.019 0.833	0.016 1.000
Salinidad (‰)	24.8 ± 8.9 a	24.1 ± 9.5 a	24.1 ± 10.0 a
mínimo máximo	0.00 43.00	0.00 40.00	0.00 40.00
Temperatura (°C)	27.88 ± 1.85 a	27.76 ± 1.79 a	27.79 ± 1.82 a
mínimo máximo	23.00 32.00	24.00 31.00	23.00 31.00
Estado del mar (Beaufort)	2.0 ± 1.1 a	1.9 ± 1.1 a	1.9 ± 1.1 a
mínimo máximo	0.00 4.00	0.00 4.00	0.00 4.00
Nubosidad (%)	46.6 ± 30.3 a	46.8 ± 31.0 a	43.4 ± 30.9 a
mínimo máximo	0.00 100.00	0.00 100.00	0.00 100.00
Tamaño de las olas (ft)	0.82 ± 0.61 a	0.88 ± 0.69 a	0.85 ± 0.65 a
mínimo máximo	0.00 4.00	0.00 3.50	0.00 3.00
Dirección del viento (°)	161.0 ± 116.2 b	165.9 ± 1115.3 a	171.0 ± 116.8 b
mínimo máximo	45.00 360.00	45.00 360.00	45.00 360.00
Velocidad del viento (kt)	8.2 ± 5.7 a	8.3 ± 5.5 a	8.4 ± 5.8 a
mínimo máximo	0.00 22.00	0.00 23.00	0.00 22.00
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula, mm)	0.0960 ± 0.0716 a	0.1074 ± 0.0718 ab	0.1046 ± 0.0714 ab
mínimo máximo	0.011 0.177	0.011 0.177	0.011 0.177
Distancia Río Palizada (km)	33.22 ± 16.52 b	25.22 ± 15.69 ab	26.21 ± 16.45 ab
mínimo máximo	0.00 65.10	0.177 0.011	0.177 0.011
N	869	361	275

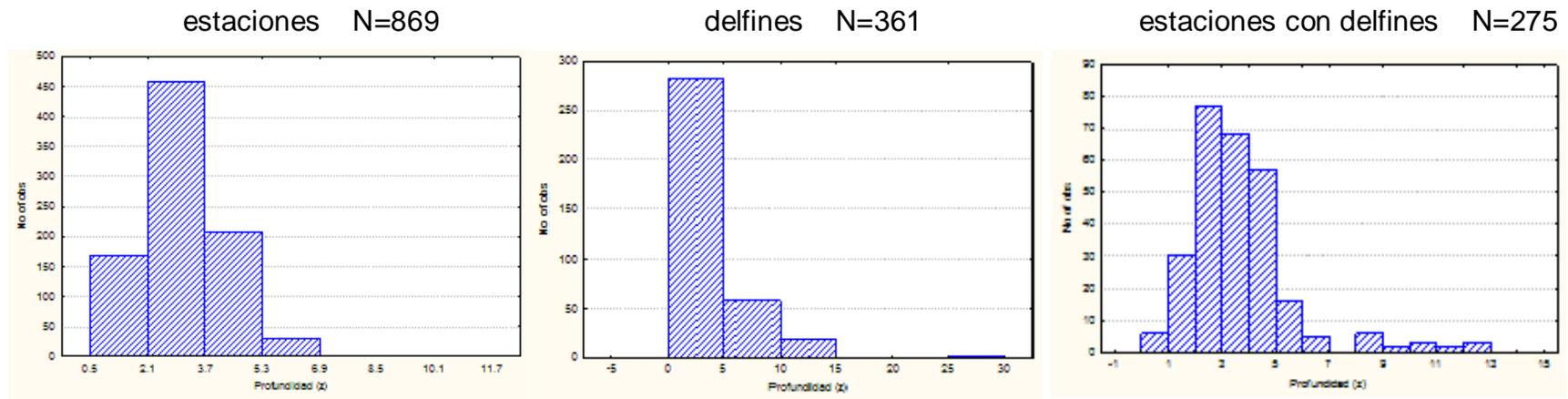


Figura 12. Número de observaciones de la profundidad para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

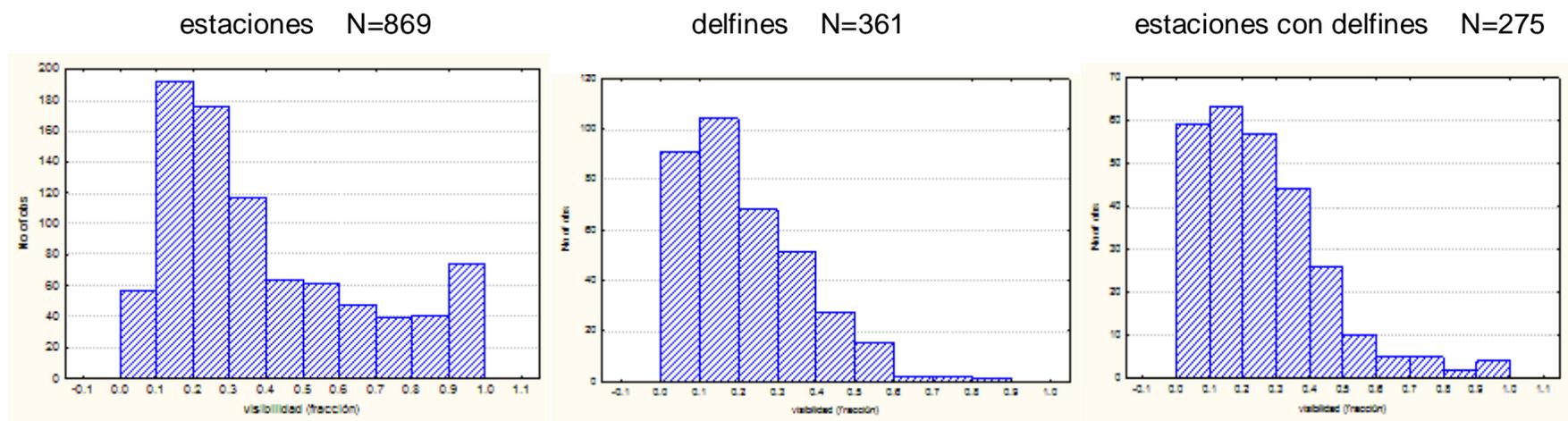


Figura 13. Número de observaciones de la visibilidad para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

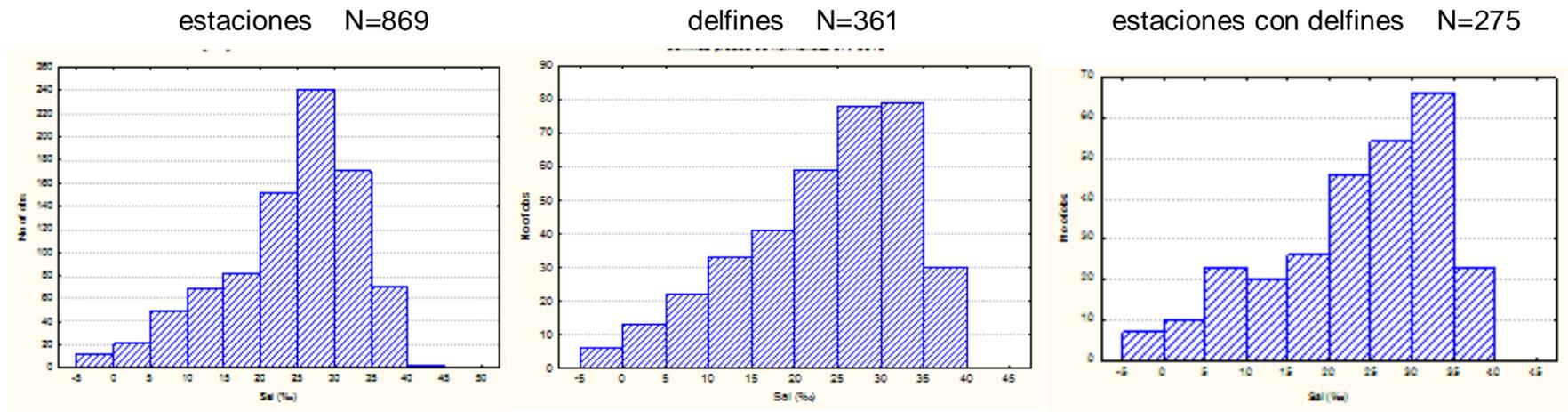


Figura 14. Número de observaciones de la salinidad para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

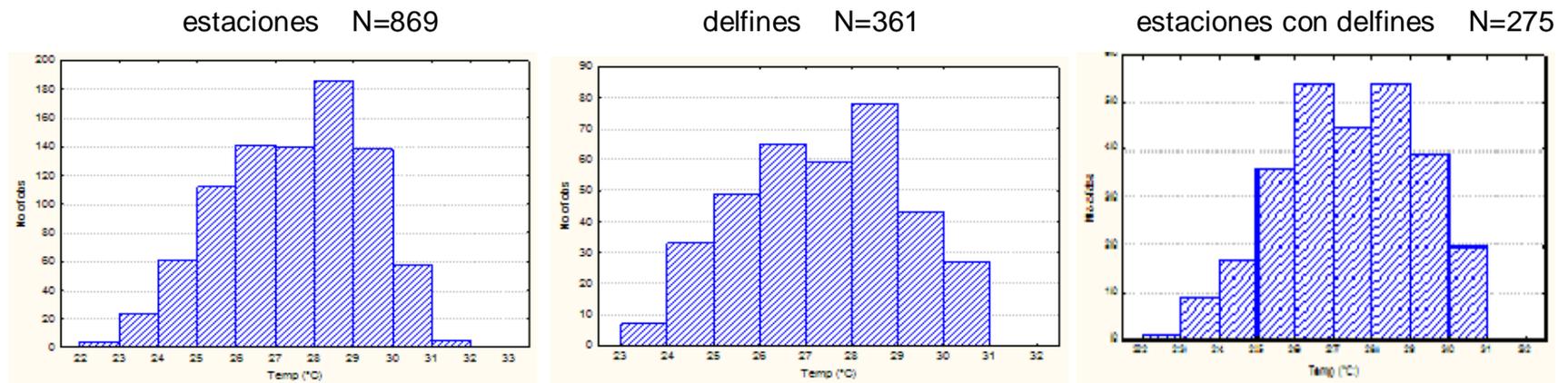


Figura 15. Número de observaciones de la temperatura para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

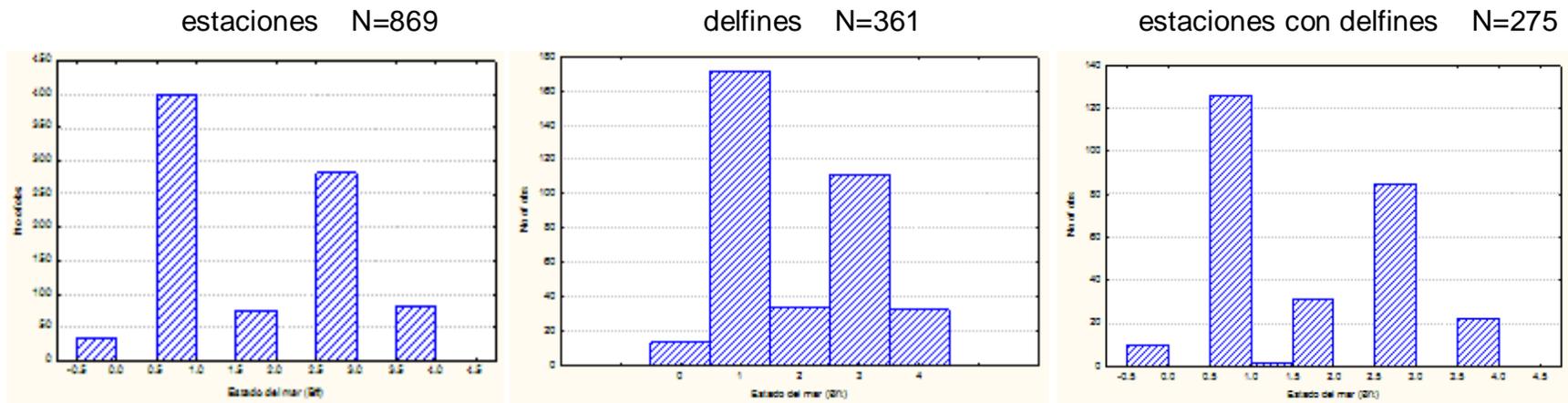


Figura 16. Número de observaciones del estado del mar para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

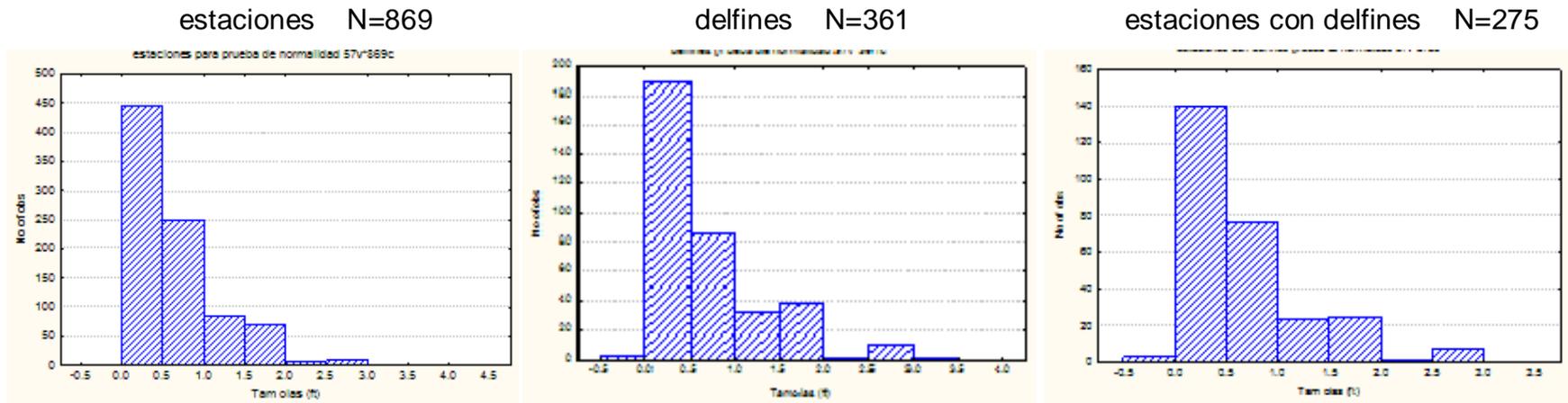


Figura 17. Número de observaciones del tamaño de olas para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

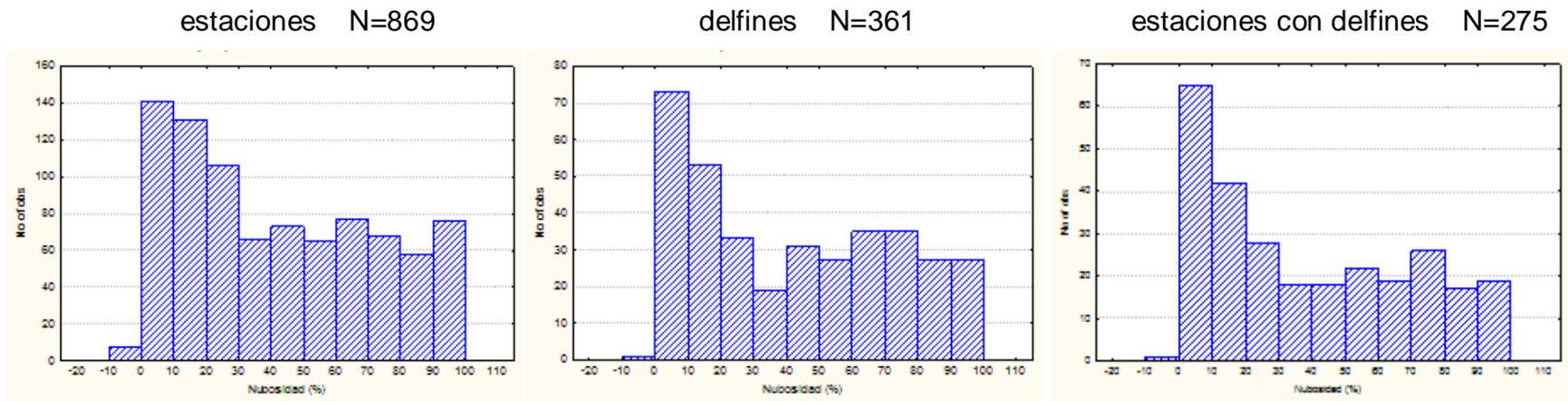


Figura 18. Número de observaciones de la nubosidad para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

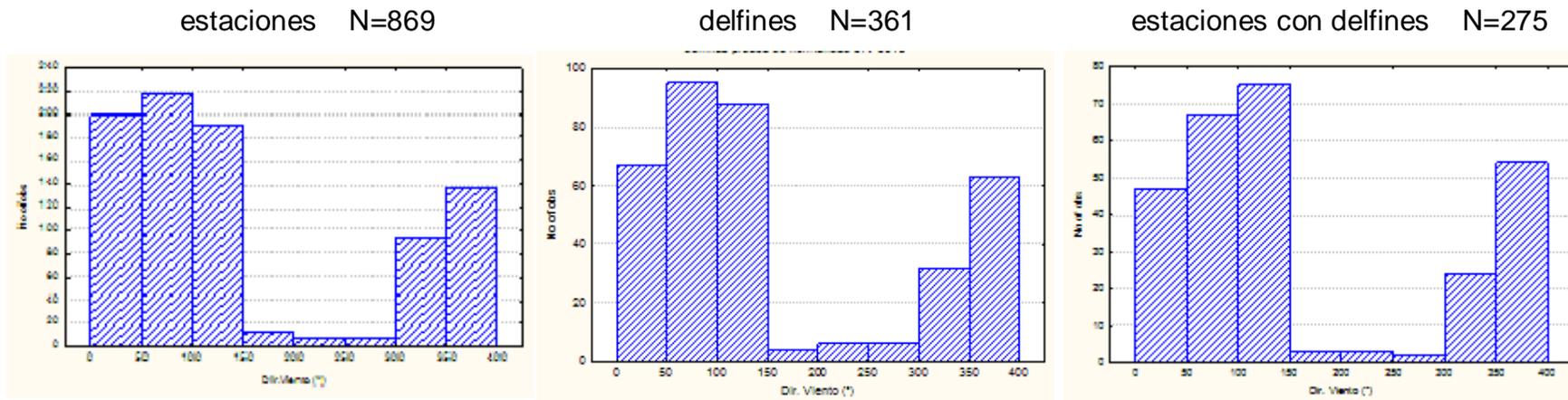


Figura 19. Número de observaciones de dirección del viento para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

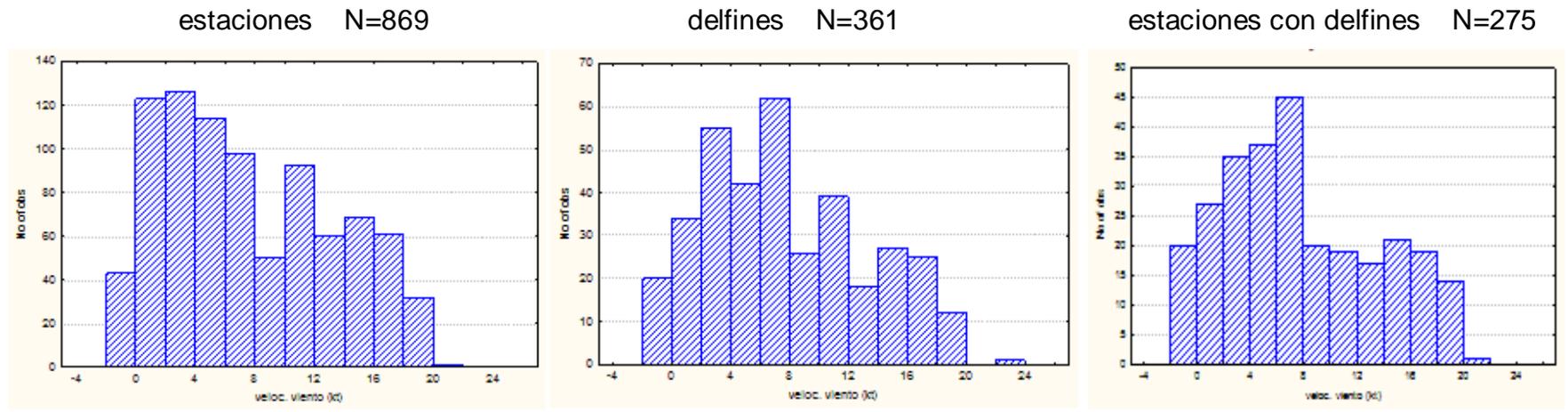


Figura 20. Número de observaciones de velocidad del viento para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

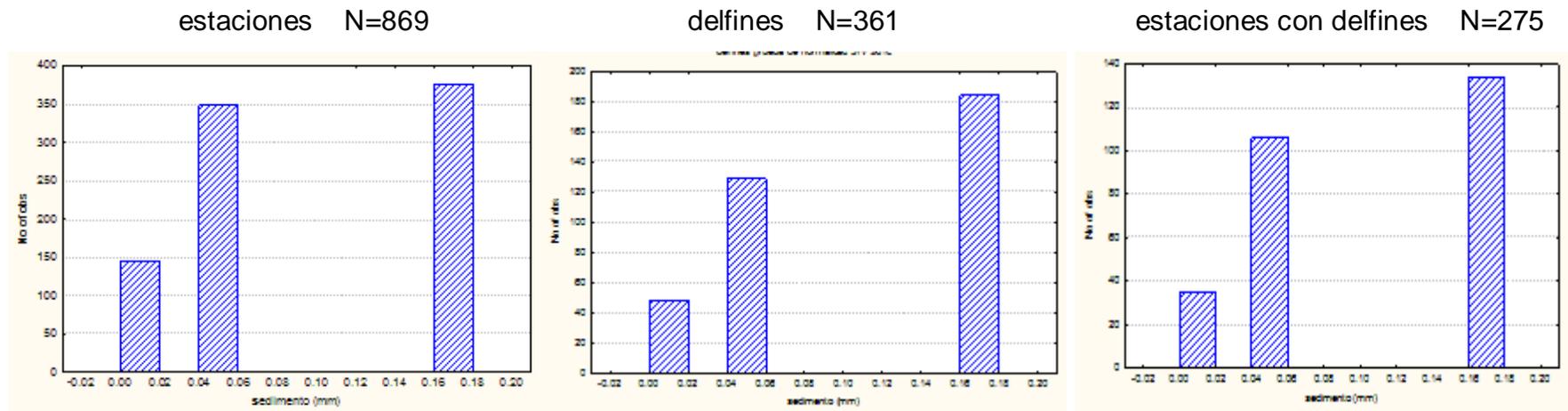


Figura 21. Número de observaciones del tipo de sedimento (como diámetro promedio de partícula, mm) para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

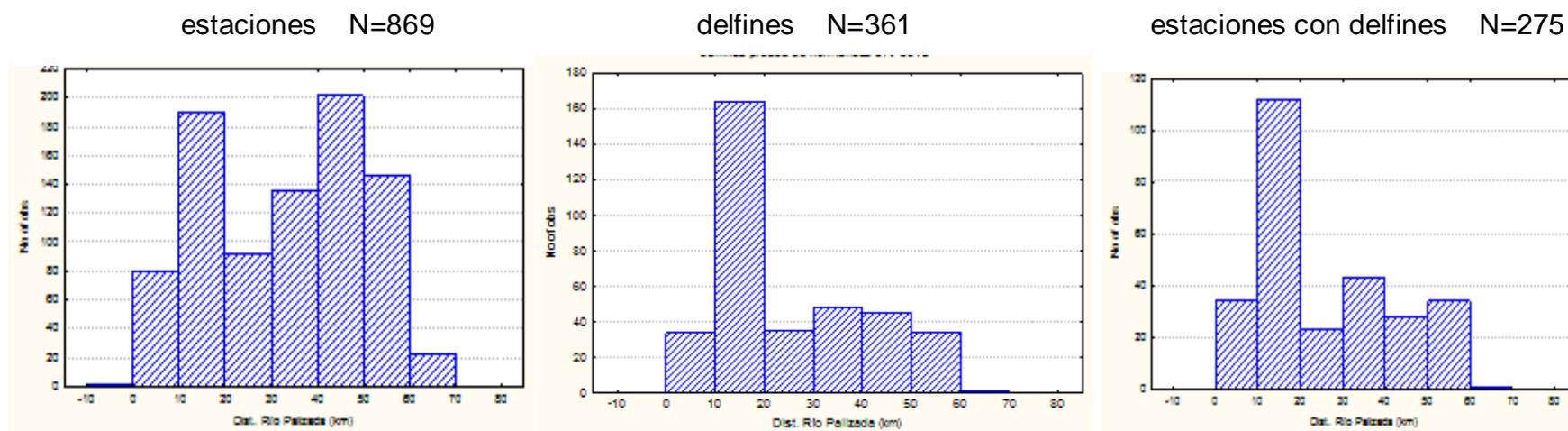


Figura 22. Número de observaciones de la distancia al Río Palizada para las tres diferentes bases de datos (estaciones, delfines y estaciones con delfines).

El ACP se calculó para cuatro componentes principales para las tres bases de datos. Para la base de datos de estaciones los cuatro componentes explicaron el 63% de la varianza total, con una Q2 de 0.92 (Tabla 5), para la base de datos de delfines los cuatro componentes explicaron el 64% de la varianza total, con una Q2 de 0.93 (Tabla 6) y para la base de datos de estaciones con delfines los cuatro componentes explicaron el 64% de la varianza total, con una Q2 de 0.93 (Tabla 7). Esto indica que el realizar el ACP con cuatro componentes principales fue adecuado y describió de manera correcta la relación entre las variables de las tres bases de datos.

Para la base de datos de estaciones el primer componente tuvo los coeficientes de mayor tamaño para las variables estado del mar, tamaño de olas y velocidad del viento, el segundo componente los tuvo para las variables profundidad, tipo de sedimento y dirección del viento, el tercer componente los tuvo para las variables salinidad, visibilidad y temperatura y el cuarto componente los tuvo para las variables salinidad y dirección del viento (Tabla 5). Esto indica que el cuarto componente no es necesario para describir la relación entre las variables de la base de datos de estaciones. Con tres componentes se explica el 52% de la varianza total, con una Q2 de 0.79 (Tabla 5).

Para la base de datos de delfines el primer componente tuvo los coeficientes de mayor tamaño para las variables estado del mar, tamaño de las olas y velocidad del viento, el segundo componente los tuvo para las variables profundidad y tipo de sedimento, el tercer componente los tuvo para las variables dirección del viento y el cuarto componente los tuvo para la variable salinidad (Tabla 6). Esto indica que el cuarto componente no es necesario para describir la relación entre las variables de la base de datos de delfines. Con tres componentes se explica el 54% de la varianza total, con una Q2 de 0.80 (Tabla 6).

Para la base de datos de estaciones con delfines el primer componente tuvo los coeficientes de mayor tamaño para las variables estado del mar, tamaño de las olas y velocidad del viento, el segundo componente los tuvo para las variables profundidad, estado del mar y velocidad del viento, el tercer componente los tuvo para la variable dirección del viento y el cuarto componente los tuvo para la variable salinidad (Tabla 7). Esto indica que el cuarto componente no es necesario para describir la relación entre las variables de la base de datos de estaciones con delfines. Con tres componentes se explica el 54% de la varianza total, con una Q^2 de 0.80 (Tabla 7).

Para las tres bases de datos el primer componente tuvo los coeficientes de mayor tamaño para las variables estado del mar, tamaño de las olas y velocidad del viento. Esto era de esperarse, ya que el estado del mar está descrito de acuerdo al tamaño de las olas y la velocidad de viento (*i.e.*, la escala de Beaufort; Huler, 2004). Además, el tamaño de las olas se relaciona con la velocidad del viento, aunque también depende de las corrientes y de la profundidad.

Para las tres bases de datos el segundo componente tuvo uno de los coeficientes de mayor tamaño para la variable profundidad, pero las otras variables fueron el tipo de sedimento para las bases de datos de estaciones y delfines y estado del mar y velocidad del viento para la base de datos de estaciones con delfines. La relación entre la profundidad y el tipo de sedimento es probable en las bocas de la laguna debido a la entrada de agua marina con arena en suspensión que se sedimenta. Sin embargo, en el resto de la laguna no se espera esta relación. Para los componentes tres y cuatro se encontró que para las bases de datos con presencia de toninas la variable con mayor coeficiente fue la misma, más no para la base de datos de estaciones. Esto posiblemente indica que existen características del ambiente que favorezcan la presencia de toninas.

Con ello, se concluye que con el ACP se encontró la relación entre el estado del mar, el tamaño de las olas y la velocidad del viento, más no entre alguna de las otras ocho variables ambientales. No se esperaba encontrar ninguna relación entre las otras ocho variables medidas en la Laguna de Términos y eso fue el resultado del ACP.

Tabla 5. Resultados del análisis de componentes principales para la base de datos de estaciones. Se muestran los datos de los coeficientes de cada variable para cada componente. N=869.

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Potencia	Importancia
Estado del mar (Bft)	-0.85	0.34	0.15	-0.10	0.86	1
Veloc. viento (kt)	-0.79	0.36	0.20	-0.07	0.79	2
Salinidad (%)	-0.25	-0.10	0.62	0.57	0.78	3
Tamaño olas (ft)	-0.84	0.23	0.07	-0.03	0.77	4
Visibilidad (fracción de z)	0.64	0.24	0.54	0.04	0.76	5
Profundidad (z)	-0.36	-0.54	-0.19	0.46	0.66	6
Dir. Viento (°)	0.04	0.49	-0.26	0.54	0.59	7
Dist. Río Palizada (km)	0.51	0.40	0.14	0.29	0.52	8
Temperatura (°C)	0.21	-0.15	0.52	-0.31	0.43	9
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula, mm)	-0.14	-0.51	0.14	0.29	0.39	10
Nubosidad (%)	0.31	0.42	-0.21	0.18	0.34	11
R ² X	0.278458	0.137291	0.108899	0.102865		
R ² X (Cumul)	0.278458	0.415749	0.524648	0.627514		
Q2	0.275775	0.410698	0.513489	0.623847		
Q ² (Cumul)	0.275775	0.573213	0.792364	0.921897		

Tabla 6. Resultados del análisis de componentes principales para la base de datos de delfines. Se muestran los datos de los coeficientes de cada variable para cada componente. N=361.

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Potencia	Importancia
Estado del mar (Bft)	-0.81	0.44	0.07	-0.02	0.86	1
Salinidad (%)	-0.25	-0.10	0.04	0.87	0.83	2
Tamaño olas (ft)	-0.81	0.38	-0.04	0.02	0.80	3
Visibilidad (fracción de z)	0.62	0.49	0.27	0.21	0.75	4
Veloc. viento (kt)	-0.72	0.47	0.00	0.08	0.75	5
Dir. viento (°)	0.22	0.22	-0.74	0.24	0.71	6
Profundidad (z)	-0.42	-0.55	-0.27	0.17	0.58	7
Dist. Río Palizada (km)	0.45	0.48	-0.29	0.05	0.51	8
Temperatura (°C)	0.36	-0.03	0.47	0.37	0.49	9
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula, mm)	-0.28	-0.54	-0.14	0.05	0.40	10
Nubosidad (%)	0.33	0.10	-0.49	0.04	0.36	11
R ² X	0.275408	0.153595	0.115787	0.094787		
R ² X (Cumul)	0.275408	0.429003	0.544790	0.639578		
Q ²	0.267900	0.421059	0.536924	0.623552		
Q ² (Cumul)	0.267900	0.576158	0.803729	0.926114		

Tabla 7. Resultados del análisis de componentes principales para la base de datos de estaciones con delfines. Se muestran los datos de los coeficientes de cada variable para cada componente. N=275.

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Potencia	Importancia
Estado del mar (Bft)	-0.78	0.45	-0.19	-0.06	0.86	1
Tamaño olas (ft)	-0.82	0.35	-0.03	0.02	0.81	2
Veloc. viento (kt)	-0.76	0.46	-0.09	-0.04	0.80	3
Visibilidad (fracción de z)	0.63	0.35	-0.28	0.39	0.73	4
Dir. Viento (°)	0.08	0.36	0.73	0.09	0.67	5
Profundidad (z)	-0.50	-0.50	0.38	0.09	0.66	6
Salinidad (%)	-0.30	-0.10	0.05	0.70	0.58	7
Nubosidad (%)	0.22	0.39	0.53	0.23	0.53	8
Temperatura (°C)	0.24	0.20	-0.41	0.48	0.50	9
Dist. Río Palizada (km)	0.48	0.41	0.24	-0.12	0.47	10
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula, mm)	-0.37	-0.35	0.14	0.43	0.46	11
R ² X	0.280683	0.139785	0.121010	0.102978		
R ² X (Cumul)	0.280683	0.420467	0.541478	0.644456		
Q ²	0.271131	0.407651	0.530352	0.634624		
Q ² (Cumul)	0.271131	0.568255	0.797232	0.925913		

5.4 ANMDEVA

Al realizar el análisis multivariado de varianza, ANMDEVA para determinar si existieron diferencias entre los lugares con presencia y con ausencia de toninas se encontraron diferencias significativas entre las bases de datos con presencia de toninas y

la base de datos con ausencia de toninas: Estaciones vs. Delfines (λ de Wilks= 0.84724, F [11,1218]= 19.964, $p < 0.001$) y Estaciones vs. Estaciones con delfines (λ de Wilks= 0.92159, F [11,1132]= 8.7559, $p < 0.001$). Además, no se encontraron diferencias significativas entre los lugares donde las toninas se encontraban presentes: Delfines vs. Estaciones con delfines (λ de Wilks= 0.97179, F [11,624]= 1.6519, $p = 0.081$). Entonces, utilizando las once variables ambientales medidas por este estudio, los lugares con presencia de toninas (Delfines y Estaciones con delfines) tuvieron distintas características ambientales que los lugares con ausencia de toninas (Estaciones).

5.5 Análisis univariados (ANDEVA y prueba de Tukey)

Cuando se compararon las características del ambiente de forma univariada utilizando el ANDEVA (Tabla 8, 9 y 10) y la prueba de Tukey, para determinar qué variables eran diferentes entre pares de bases de datos, se encontraron diferencias significativas en la profundidad, la visibilidad, el tipo de sedimento y la distancia al Río Palizada (Tabla 11, ver el Anexo 2 para detalles).

Para la profundidad se encontraron diferencias significativas en las tres comparaciones: Estaciones vs. Delfines (Tabla 8, F= 109.83, $p < 0.001$), Estaciones vs. Estaciones con delfines (Tabla 9, F= 35.471, $p < 0.001$) y Delfines vs. Estaciones con delfines (Tabla 10, F= 8.329, $p = 0.004$). Para la visibilidad también se encontraron diferencias significativas en las tres comparaciones: Estaciones vs. Delfines (Tabla 8, F= 123.367, $p < 0.001$), Estaciones vs. Estaciones con delfines (Tabla 9, F= 59.072, $p < 0.001$) y Delfines vs. Estaciones con delfines (Tabla 10, F=10.294, $p = 0.001$). Para el tipo de sedimento solamente se encontraron diferencias en una comparación: Estaciones vs.

Delfines (Tabla 8, $F= 6.405$, $p= 0.011$). Y para la distancia al Río Palizada se encontraron diferencias en dos comparaciones: Estaciones vs. Delfines (Tabla 8, $F= 61.252$, $p< 0.001$) y Estaciones vs. Estaciones con delfines. (Tabla 9, $F= 37.479$, $p< 0.001$).

Entonces, se encontró que las toninas estuvieron en lugares profundos, con poca visibilidad, con fondos más arenosos que lodosos y a menor distancia de la desembocadura del Río Palizada.

Tabla 8. Resultados del ANDEVA para la comparación de la base de datos de Estaciones contra la base de datos de Delfines. Los valores en negritas indican que existieron diferencias significativas entre estas variables para esas bases de datos. S.C.=suma de cuadrados, F=F de Fisher, P=probabilidad, gl=grados de libertad, C.M.=cuadrados medios.

Est vs. Del.	S.C.	F	P	gl	C.M.
Visibilidad (fracción de z)	8.24	137.689	<0.001	1	8.24
Profundidad, z (m)	339	110	<0.001	1	338.75
Distancia al Río Palizada (km)	16300	61.252	<0.001	1	16321.1
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula en mm)	0.0329	6.405	0.012	1	0.03292
Tamaño de olas (ft)	0.890	2.204	0.138	1	0.8895
Temperatura (°C)	4.00	1.2	0.278	1	4.0
Salinidad (‰)	79.9	0.964	0.326	1	79.9
Dirección del viento (°)	6170	0.459	0.498	1	6171
Estado del mar (Bft)	0.356	0.274	0.601	1	0.356
Velocidad del viento (kt)	4.86	0.151	0.697	1	4.86
Nubosidad (%)	13.0	0.013	0.907	1	13

Así, las probables diferencias que indicaban las medidas de tendencia central fueron confirmadas al realizar los análisis estadísticos, exceptuando la dirección del viento, que no resultó ser una variable que determinara la presencia de las manadas de toninas en la Laguna de Términos. La profundidad, la visibilidad, el tipo de sedimento y la distancia al Río Palizada se supuso que serían variables importantes debido a que en otros estudios (e.g., Vázquez Castán *et al.*, 2007) se ha encontrado que estas variables determinan la presencia de toninas y las diferencias entre bases de datos hacían suponer que éstas serían variables que determinarían la presencia de manadas de toninas.

Tabla 9. Tabla de ANDEVA para la comparación de la base de datos de Estaciones con delfines comparada contra la base de datos de Estaciones. Los valores en negritas indican que existieron diferencias significativas en esas variables para esas bases de datos S.C.=suma de cuadrados, F=F de Fisher, P=probabilidad, gl=grados de libertad, C.M.=cuadrados medios.

Est vs Est. Del.	S.C.	F	P	gl	C.M.
Visibilidad (fracción de z)	3.90140	59.072	<0.001	1	3.90140
Distancia al Río Palizada (km)	10265.5	37.479	<0.001	1	10265.5
Profundidad, z (m)	73.568	35.471	<0.001	1	73.568
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula en mm)	0.015331	2.991	0.084	1	0.015331
Nubosidad (%)	2102	2.274	0.132	1	2102
Dirección del viento (°)	20909	1.545	0.214	1	20909
Salinidad (‰)	87.8	1.038	0.309	1	87.8
Temperatura (°C)	1.7	0.5	0.485	1	1.7
Tamaño de olas (ft)	0.1580	0.412	0.521	1	0.1580
Estado del mar (Bft)	0.335	0.260	0.610	1	0.335
Velocidad del viento (kt)	8.15	0.247	0.619	1	8.15

Tabla 10. Tabla de ANDEVA para la comparación de la base de datos de Delfines comparada contra la base de datos de Estaciones con delfines. Los valores en negritas indican que existieron diferencias significativas en esas variables para esas bases de datos S.C.=suma de cuadrados, F=F de Fisher, P=probabilidad, gl=grados de libertad, C.M.=cuadrados medios.

Del. vs. Est. Del.	S.C.	F	P	gl	C.M.
Visibilidad (fracción de z)	0.28973	9.781	0.002	1	0.28973
Profundidad, z (m)	48.779	8.329	0.004	1	48.779
Nubosidad (%)	1798	1.879	0.171	1	1798
Distancia al Río Palizada (km)	152.8	0.595	0.441	1	152.8
Tamaño de olas (ft)	0.1554	0.339	0.560	1	0.1554
Dirección del viento (°)	4038	0.300	0.584	1	4038
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula en mm)	0.00122	0.237	0.626	1	0.00122
Temperatura (°C)	0.2	0.1	0.807	1	0.2
Velocidad del viento (kt)	0.55	0.017	0.896	1	0.55
Salinidad (‰)	1.2	0.013	0.910	1	1.2
Estado del mar (Bft)	0.001	0.001	0.976	1	0.001

Tabla 11. Diferencias encontradas para las once variables ambientales entre los pares de bases de datos realizando análisis univariados. Las X indican que existieron diferencias en esa variable

Variables ambientales	Estaciones vs. Delfines	Estaciones vs. Estaciones delfines	Delfines vs. Estaciones con delfines
Profundidad (m)	X	X	X
Visibilidad (fracción de z)	X	X	X
Salinidad (‰)			
Temperatura (°C)			
Estado del mar (Beaufort)			
Nubosidad (%)			
Tamaño de las olas (ft)			
Dirección del viento (°)			
Velocidad del viento (kt)			
Tipo de sedimento (diámetro promedio de partícula en mm)	X		
Dist. Río Palizada (km)	X	X	

6. DISCUSIÓN

6.1 Índice de distancias

La distribución de las manadas de toninas se mantuvo relativamente constante a lo largo del tiempo durante 2004 y 2008 (Figura 8). El hecho de que el promedio del *ID* se encontrara en un valor cercano a 0.50 (0.57 ± 0.04) indica que las manadas de toninas durante cada muestreo se distribuyeron en toda la laguna con algunas aglomeraciones. Al considerar todas las 361 manadas, el *ID* fue de 0.75 (Tabla 3), indicando que todas las manadas consideradas en este estudio se encontraron distribuidas homogéneamente en toda la laguna (Figura 10). Con el uso de este *ID* podemos interpretar que toda la Laguna de Términos contó con los requerimientos necesarios para que las manadas de toninas pudieran permanecer ahí. Sin embargo, las manadas se encontraron más en algunas zonas en particular, como las Bocas del Carmen y de Puerto Real y la Laguna de Panlao (Figura 2), por lo que era probable que en estas zonas existieran ciertas características específicas del ambiente que estuvieran favoreciendo la aparición de las manadas de toninas en la Laguna de Términos.

El *ID* fue una herramienta que permitió conocer de forma general si existía una tendencia en la distribución de las manadas en la laguna para inferir si era posible encontrar uno o varios ambientes dentro de la Laguna de Términos que favorecieran la presencia de manadas de toninas.

6.2 Uso de hábitat de las manadas de toninas

Se ha reportado que las variables ambientales más importantes del hábitat de las toninas son la temperatura, la salinidad, la profundidad, el tipo de sedimento y la distancia a la costa (Baumgartner *et al.*, 2001; Morteo *et al.*, 2004; May-Collado y Morales, 2005; Cabrera Arreola y Ortiz Wolford, 2007; Cubero Pardo, 2007) debido a que estas variables son capaces de generar patrones en la distribución de las manadas de toninas. Sin embargo, en la Laguna de Términos sólo cuatro de estas variables ambientales fueron importantes para determinar los lugares que favorecieron la presencia de las manadas de toninas: la distancia a la desembocadura del Río Palizada, el tipo de sedimento, la profundidad y la visibilidad, en orden de importancia.

La distancia a la desembocadura del Río Palizada fue un parámetro importante posiblemente debido a la gran cantidad de avistamientos que se tuvieron cerca de la Boca del Carmen (Figura 10), ya que las estaciones se encontraban distribuidas de manera uniforme por toda la laguna (Figura 6). Si se divide a la Laguna de Términos en tres zonas con un área similar (Figura 23) se puede observar que el 52.6% de los avistamientos de manadas de toninas fueron en la zona de la Boca del Carmen (zona 1), mientras que en las zonas central (zona 2) y oriental (zona 3) se observaron el 20.8% y el 26.6% del total de avistamientos de manadas de toninas durante los cinco años en la Laguna de Términos, respectivamente.

El encontrar un mayor número de avistamientos de manadas de toninas cerca de la Boca del Carmen nos podría indicar que las manadas de toninas encuentran en este lugar los requerimientos necesarios para subsistir. La descarga del Río Palizada posiblemente genera la entrada de nutrientes al sistema y, por lo tanto, incrementa la abundancia de

peces que son utilizados como alimento para las toninas (Marcín Medina, 1997, 2010; Acevedo, 1991; Figuras 2 y 24). Sin embargo, es importante mencionar que en este estudio solamente se consideró la presencia o ausencia de manadas de toninas y no se tomó en cuenta la cantidad de animales que se avistaron en cada manada. En la Laguna de Términos el tamaño de las manadas es menor en la Boca del Carmen que en la parte central de la laguna (López Padierna, 2007). Entonces, es necesario considerar el número de toninas para confirmar si esta boca presenta características ambientales particulares que las toninas prefieran y que les otorguen ciertos requerimientos, como la disponibilidad de alimento, que otros lugares de la Laguna de Términos no les ofrecen.

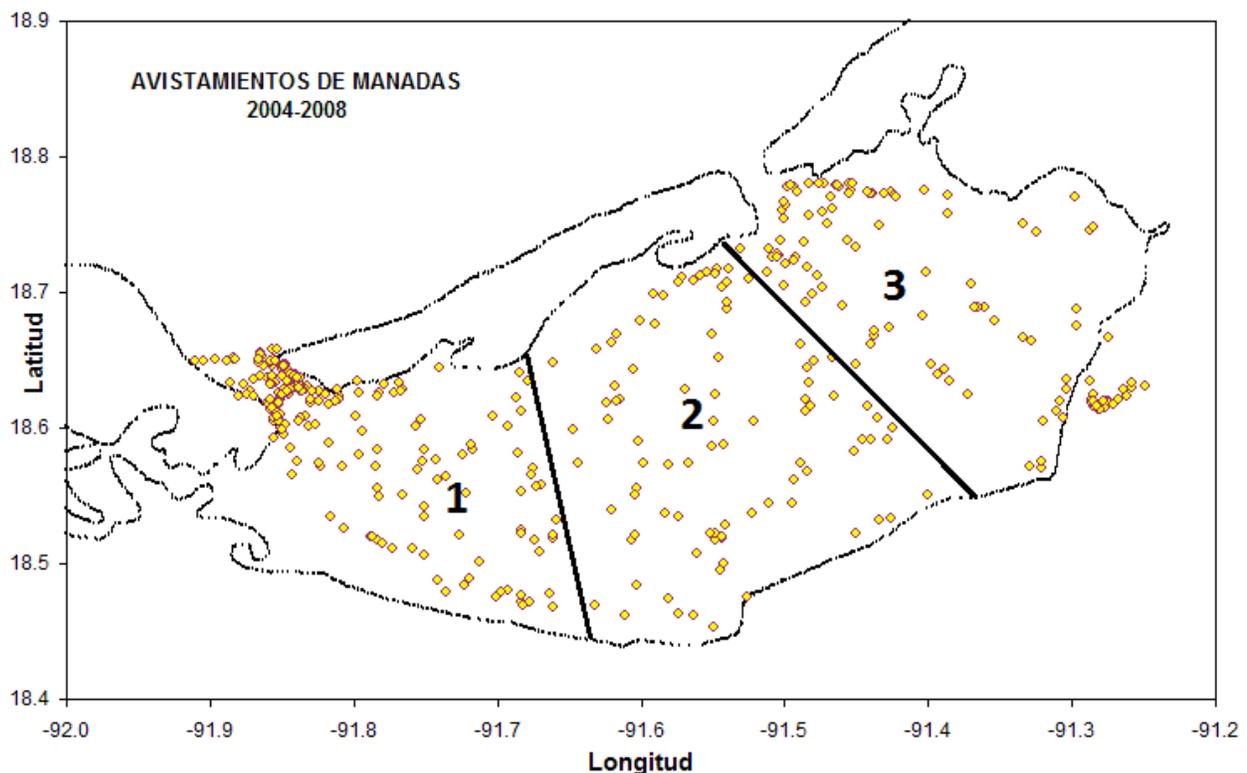


Figura 23. Mapa que muestra la distribución de las manadas de toninas de la Laguna de Términos registradas de 2004-2008 de acuerdo a una división de la laguna en tres zonas para determinar en qué zona existían un mayor número de avistamientos de manadas de toninas.

Se ha documentado que las toninas prefieren distribuirse en las desembocaduras de los ríos, así como en las bocas de las lagunas (Acevedo, 1991; Marcín Medina, 2010), porque es en estos lugares donde existe un gran flujo de alimento y una elevada entrada de nutrientes al sistema que crean oportunidades de desarrollar ciertas estrategias de alimentación (Marcín Medina, 1997, 2010). Por ejemplo, las manadas de toninas de la Ensenada de la Paz prefieren distribuirse cerca de la Boca de la Ensenada porque, al moverse en contra de la marea, se les facilita la captura de sus presas, obteniendo una mayor disponibilidad de alimento a un menor costo energético (Leatherwood, 1979; Shane, 1980; Taylor, 1992). Esta estrategia también se ha observado en la Laguna de Términos (Delgado Estrella, 1991).

Para comprobar si la distancia a un punto fijo de la Laguna de Términos era o no relevante con respecto a la ausencia o presencia de toninas, se calculó la distancia a la desembocadura del Río Candelaria, que se encuentra en la parte SE de la laguna, y también a la desembocadura del Río Chumpán, que desahoga en la parte central de la laguna (Figuras 2 y 24). Se encontraron diferencias significativas para la distancia a la desembocadura del Río Candelaria en dos comparaciones, Estaciones vs. Delfines ($F= 78.856$, $p < 0.001$) y Estaciones vs. Estaciones con delfines ($F= 38.296$, $p < 0.001$). Las manadas de toninas se encontraban a una mayor distancia de la desembocadura del Río Candelaria. Para la distancia al Río Chumpán se encontraron diferencias significativas en una comparación, Estaciones vs. Delfines ($F= 8.817$, $p= 0.003$), y también se encontró que las manadas de toninas estaban a una mayor distancia de la desembocadura del Río Chumpán. Entonces, la diferencia encontrada para la distancia a la desembocadura del Río Palizada se debe a la posición de esta desembocadura, que es una zona donde se

presenta un elevado flujo de alimento que posiblemente es aprovechado por las manadas de toninas en la Laguna de Términos.

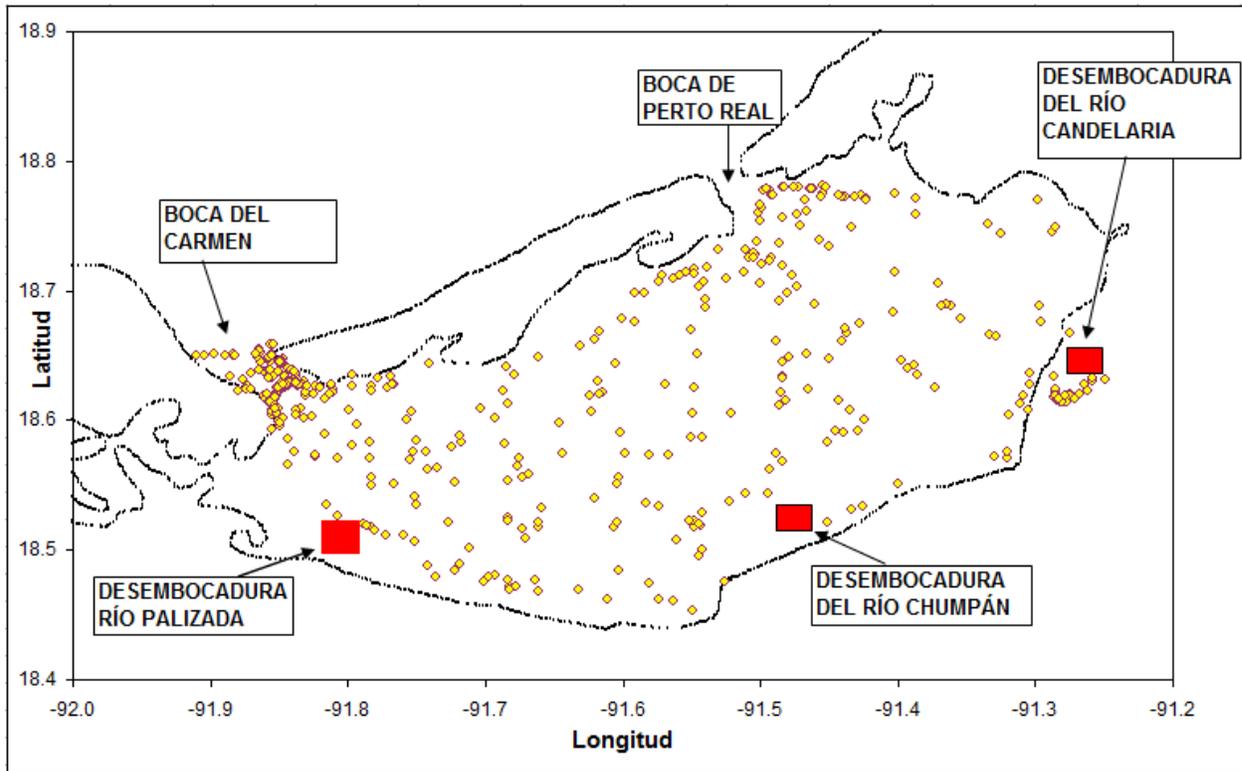


Figura 24. Avistamientos de las manadas de toninas de 2004-2008 señalando la desembocadura del Río Palizada y la Boca del Carmen en la Laguna de Términos, así como las desembocaduras de los ríos Chumpán y Candelaria.

El tipo de sedimento fue un parámetro importante posiblemente debido a que la mayor parte del fondo de la Laguna de Términos está conformada por arena fina (Figura 25); como el fondo de la laguna era en su mayoría arenoso, era más probable encontrar a las toninas en zonas con este tipo de sedimento. Adicionalmente, se ha sugerido que las zonas con mantos de algas y zonas rocosas, además de generar una mayor cantidad de microhábitats, proveen refugio a los peces, por lo que al encontrarse una mayor cantidad de toninas en zonas arenosas es posible que se deba a que sus presas no pueden

escondese sobre este tipo de sedimento (Morteo *et al.*, 2004). Entonces, debido a que los fondos arenosos favorecen la captura de presas para las toninas y al hecho de que en la laguna se presenta una mayor cantidad de arenas en el fondo, es posible encontrar una mayor cantidad de manadas de toninas en la Laguna de Términos en lugares con este tipo de sedimento.

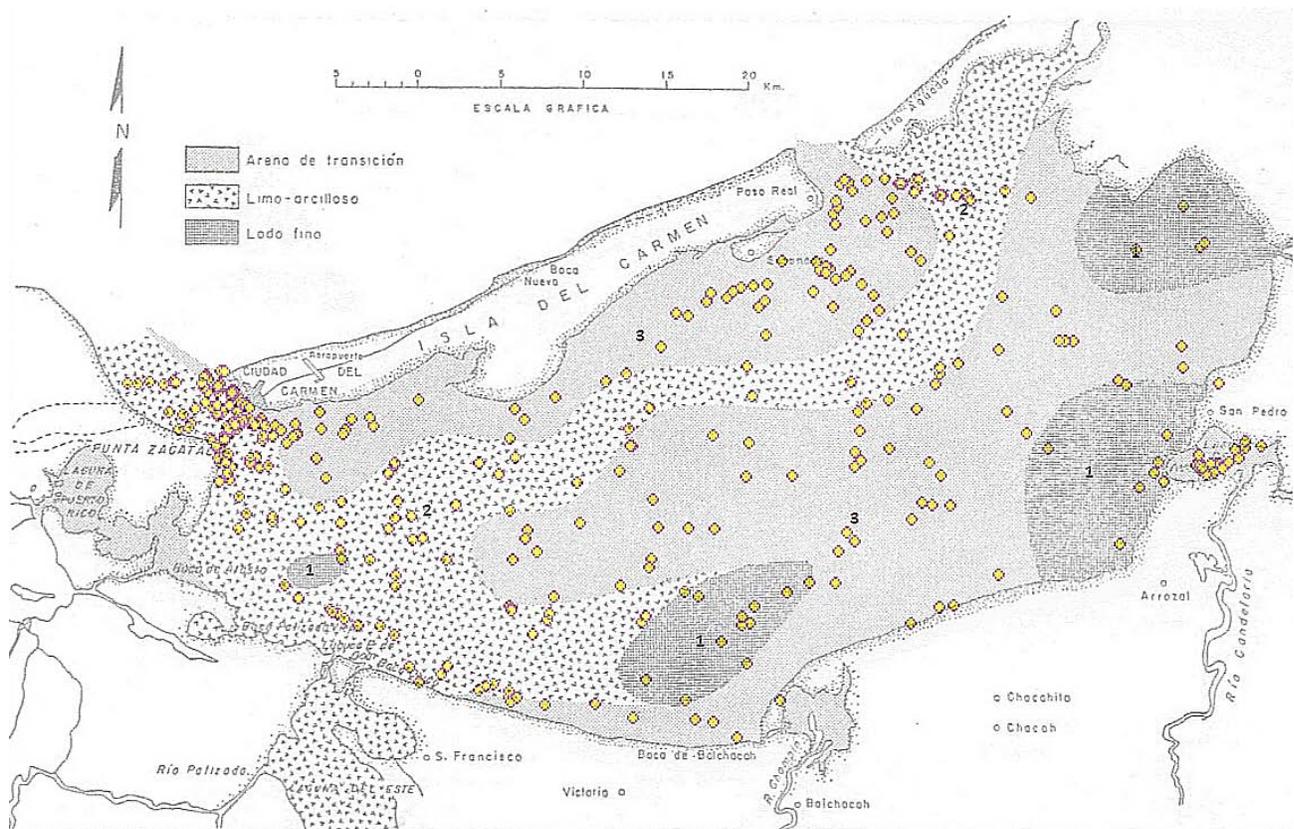


Figura 25. Tipo de sedimento que se encuentra presente en la Laguna de Términos. El número 1 indica lodo fino, el número 2 indica lodo grueso y el número 3 indica arena fina, los puntos indican las manadas de toninas que se observaron a lo largo del estudio (mapa modificado de Amado Yáñez, 1963).

Con respecto a las diferencias encontradas entre las bases de datos con presencia y ausencia de toninas para la profundidad y la visibilidad es importante señalar que se encontraron diferencias entre todas las bases de datos y no sólo entre las bases de datos

de ausencia y presencia de toninas. Esto posiblemente se deba a que las estaciones con presencia de manadas de toninas fueron determinadas como la estación que se encontraba más cercana al lugar del avistamiento de la manada; los valores de la profundidad y la visibilidad en las estaciones con presencia de toninas difirieron de los valores en los lugares donde se encontraban presentes las manadas de toninas. Sin embargo, las toninas de la Laguna de Términos se observaron en lugares de mayor profundidad y menor visibilidad.

Las aguas más profundas pueden ser usadas por las toninas como áreas de descanso y alimentación, ya que existe una relación entre la profundidad y la actividad de los toninas (Cubero Pardo, 2007). Taylor (1992) registró que al incrementar la profundidad las manadas de toninas incrementaban el número de individuos por manada y, aunque en este trabajo no se estudió la cantidad de toninas en las manadas, se observó que los lugares en donde se obtuvieron una mayor cantidad de manadas de toninas fueron en la Boca del Carmen (Figura 23), en donde la profundidad es máxima (*i.e.*, 12 m vs. 3.3 ± 1.4 m que en promedio tiene la laguna). Esta profundidad concuerda con los diferentes estudios que indican que la mayoría de las toninas se encuentran presentes en zonas con profundidades menores a los 25 m, prefiriendo zonas con profundidades menores a los 5 m (Marcín Medina 1997, 2010; Acevedo, 1991), ya que las zonas con una menor profundidad pueden tener una mayor densidad de presas disponibles (Culloch y Robinson, 2008). Además, debido a sus hábitos alimentarios y a su habilidad de caza, la distribución de las toninas está limitada por la profundidad (Cockcroft y Ross, 1990), ya que se ha reportado que algunas de las presas de las toninas, como la mojarra *Diapterus rhombeus*, no se distribuyen en lugares someros dentro de la Laguna de Términos (Ayala-Pérez *et al.*, 2001).

Para otro tipo de mamíferos marinos, como las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) y el tucuxi (*Sotalia guineansis*), se ha documentado que prefieren estar en zonas que presentan una menor profundidad, ya que son zonas mejor preservadas y donde la disponibilidad de alimento es mayor (Medrano González y Urbán Ramírez, 2002; Azevedo *et al.*, 2007). Es importante mencionar que los lugares menos profundos para las ballenas jorobadas sobrepasan los 3 m de profundidad que se encuentran en la Laguna de Términos (Medrano González y Urbán Ramírez, 2002).

Las toninas también se encontraron en zonas que presentaban una menor visibilidad, *i.e.* una mayor turbidez. Esto posiblemente se deba a que la distribución de sus presas se da en lugares que presentan una mayor turbidez por la descarga de los ríos y el flujo de agua marina en las bocas que incrementan la entrada de nutrientes al sistema. La zona oeste de la laguna, donde se encuentra la Boca del Carmen, se ha caracterizado como una zona que se encuentra en constante contacto con aguas dulces, estuarinas y muy turbias y presentó una visibilidad de 18 ± 0.13 %. La poca visibilidad no es un inconveniente para que las toninas puedan alimentarse debido a que las toninas utilizan su sistema acústico de manera activa para detectar a sus presas y su entorno. En la Laguna de Términos las toninas generan una gran cantidad de trenes de ecolocalización (Bazúa-Durán y Herrera-Hernández, 2007). Además, es posible que las toninas también puedan ser capaces de crear patrones de distribución en las presas que se reflejen en los patrones de distribución de las toninas encontradas en la Laguna de Términos como se ha sugerido para otras especies de delfines (Benoit-Bird y Au, 2002).

Como ya se mencionó, las pruebas estadísticas indicaron que los demás factores ambientales considerados, como la temperatura, la salinidad, el estado del mar, el tamaño de las olas, la nubosidad y la dirección y velocidad de viento, no fueron variables

relevantes para determinar el ambiente que prefieren las manadas de toninas de la Laguna de Términos durante los cinco años que duró este estudio.

A pesar de que la temperatura ha sido reportada como uno de los factores más importantes para determinar la distribución de las manadas de toninas, debido a que es capaz de condicionar de manera directa el metabolismo de las toninas y de una manera indirecta afectando la presencia y distribución de sus presas (Díaz López y Bernal Shiray, 2006; Reyes, 1991; Wells y Scott, 2009), en este estudio no se encontró preferencia de las toninas por lugares con una cierta temperatura, como también lo menciona Marcín Medina (2010), quién tampoco encontró asociación entre el número de toninas avistadas y la temperatura. Por otro lado, en la Laguna de Términos no se ha registrado que existan variaciones considerables en la temperatura del agua dentro de un mismo muestreo que puedan afectar la presencia de toninas (Flores-Coto y Álvarez, 1980). Aunque se pueden encontrar diferencias en la temperatura superficial del agua entre estaciones climáticas (Amezcu-Linares y Yáñez-Arancibia, 1978), dicha temporalidad tampoco influyó para encontrar diferencias significativas en este estudio.

La salinidad sí fue un parámetro ambiental que varió considerablemente en la Laguna de Términos (24.8 ± 8.20 ‰) porque en la Laguna de Términos existe una corriente marina de agua con alta salinidad proveniente del Golfo de México que penetra a la laguna a través de las Bocas de Puerto Real y el Carmen y la afluencia de agua dulce proveniente de los ríos en la parte sur (Botello, 1978; Flores-Coto y Álvarez, 1980; García Abad *et al.*, 1999). Sin embargo, la salinidad en los lugares donde se avistaron las manadas también fue muy variable (24.1 ± 9.5 ‰) y por ello no existieron diferencias estadísticas entre los lugares con presencia y con ausencia de manadas de toninas.

El estado del mar, el tamaño de las olas, la nubosidad y la dirección y velocidad del viento fueron parámetros que variaron considerablemente en la Laguna de Términos durante la realización de este estudio (estado del mar: 2.0 ± 1.1 Bft, tamaño de las olas: 0.82 ± 0.62 ft, nubosidad: 45.9 ± 30.4 %, dirección del viento: 163.4 ± 116.4 y velocidad del viento: 8.2 ± 5.7 kt). Estos parámetros también fueron muy variables en los lugares donde se avistaron las manadas de toninas (estado del mar: 1.9 ± 1.1 Bft, tamaño de las olas: 0.88 ± 0.69 ft, nubosidad: 46.8 ± 31.0 %, dirección del viento: $165.9 \pm 115.3^\circ$ y velocidad del viento: 8.3 ± 5.6 kt) y es por ello que no existieron diferencias estadísticas entre los lugares con presencia y con ausencia de manadas de toninas para estos parámetros. Sin embargo, es importante mencionar que estas cinco variables ambientales son importantes, ya que son capaces de producir cambios en la producción primaria y a niveles superiores, debido a que pueden generar una variabilidad en las condiciones fisicoquímicas, produciendo surgencias, modificando la profundidad de la zona de mezcla y la estratificación de la columna de agua (Pardo, 2009; Gendron, 2002; Croll *et al.*, 2005). Cabe mencionar que no se encontraron estudios de toninas que tomaran en cuenta estos cinco parámetros ambientales para determinar su relación con la presencia de toninas.

El estudio realizado por Gallo Reynoso (1988) en la Laguna de Términos es el único del que se tiene conocimiento que haya relacionado la presencia de las toninas con las características ambientales. Gallo Reynoso (1988) encontró que las manadas de toninas en la Boca del Carmen preferían lugares con características definidas; encontró que la mayor cantidad de toninas se encontraron en aguas cuya profundidad variaba entre 2 y 3 m, con temperaturas entre 27 y 28 °C y con salinidades entre 18 y 28 ‰. En este trabajo en la Boca del Carmen se observó que la profundidad promedio en la que se encontraron las manadas de toninas fue de 4.57 ± 2.55 m, que la temperatura fue de

28.48 ± 1.80 °C y que la salinidad presentó valores promedio de 23.55 ± 7.02 ‰. Estos valores indican que, al comparar este estudio con el de Gallo Reynoso (1988), los valores de los parámetros ambientales en los que se encontraron a las toninas en los dos estudios para la Boca del Carmen fueron muy similares a pesar de que existe una diferencia de casi 20 años, por lo que las toninas de la Laguna de Términos siguen teniendo preferencia por zonas en la Boca del Carmen con estas características ambientales.

Los datos presentados en este trabajo fueron analizados en diferentes etapas. Primero se realizó una comparación utilizando los datos de los años 2004-2006 con 16 muestreos (Guevara Aguirre, 2009), en donde existieron diferencias significativas entre los lugares con ausencia y presencia de toninas con 12 variables (estado del mar, tamaño de las olas, velocidad y dirección del viento, profundidad, tipo de sedimento, distancia al Río Palizada y nubosidad, así como, temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto y turbidez) (λ de Wilks= 0.91143, F 16,2696= 7.9970, $p < 0.001$) y, cuando se analizaron los datos de forma univariada, existieron diferencias significativas en la profundidad y en la visibilidad, encontrando a las manadas de toninas en lugares con una mayor profundidad y una menor visibilidad. Para la segunda comparación, se agregó un año más, es decir, se utilizaron datos de 2004-2007 que representaban 20 muestreos completos a la Laguna de Términos (Guevara Aguirre, 2010) con 11 variables (profundidad, temperatura, salinidad y turbidez del agua, estado del mar, altura de las olas, velocidad y dirección del viento, nubosidad, tipo de sedimento y distancia a la desembocadura del Río Palizada) y se encontraron diferencias significativas al comparar los lugares con ausencia y presencia de toninas (Estaciones vs. Delfines, λ de Wilks= 0.84313, F 12,1060= 16.436, $p < 0.001$ y Estaciones vs. Estaciones con Delfines, λ de Wilks= 0.91562, F 12,990= 7.603, $p < 0.001$), más no se encontraron diferencias entre los lugares donde las manadas de toninas se

encontraban presentes (Delfines vs. Estaciones con Delfines, λ de Wilks= 0.96756, F 12507= 1.4163, p= 0.15412). Al realizar la comparación de manera univariada entre los lugares con ausencia y presencia de toninas se encontraron diferencias significativas en la profundidad, en la visibilidad, el tipo de sedimento y la distancia al Río Palizada, encontrando a las manadas de toninas en lugares con mayor profundidad, una menor visibilidad, una mayor distancia al Río Palizada y con un mayor tamaño de sedimento (arenas). Esto nos indica que, a pesar de utilizar un número distinto de datos, en las tres comparaciones realizadas se encontró que las mismas características ambientales eran diferentes en los lugares donde había presencia o ausencia de avistamientos de manadas. Así, la profundidad, la visibilidad, la distancia al Río Palizada y el tipo de sedimento son variables ambientales que caracterizaron el hábitat de las manadas de toninas de la Laguna de Términos entre 2004 y 2008.

6.3 Comparación de los parámetros ambientales de Laguna de Términos obtenidos por este estudio con los obtenidos en la década de 1990

Al comparar las características ambientales de la Laguna de Términos que se obtuvieron en los estudios realizados por EPOMEX y la UNAM en la década de 1990 y las características ambientales de la laguna que se registraron en este estudio se encontró lo siguiente.

Como la Laguna de Términos es una zona que cuenta con una gran influencia de aguas dulces y estuarinas (Carranza Edwards *et al.*, 1993), en años anteriores existía un patrón cíclico en la distribución de la temperatura y la salinidad que confirmaba la existencia de una temporalidad en los patrones hidroclimáticos (Ramos Miranda *et al.*,

2005). En este estudio la temporalidad climática no se tomó en cuenta; sin embargo, se observó que los valores de temperatura no variaron entre las diferentes zonas (zona 1= $27.94\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.62$; zona 2 = $27.99\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.73$; zona 3= $27.72\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 7.76$), por lo que la temperatura fue una variable que no presentó cambios drásticos durante el tiempo y siempre se encontraron valores de la temperatura dentro de los rangos descritos para la Laguna de Términos.

La salinidad presentó cambios entre las diferentes zonas en las que se dividió a la Laguna de Términos. La zona 2 o zona central presentó los valores más altos de salinidad ($26.3 \pm 7.5\text{ }‰$) y la zona 3, en donde se encuentra la desembocadura del Río Candelaria, presentó valores de salinidad de $24.6 \pm 9.5\text{ }‰$. La zona 1, que es donde se encuentra la Boca del Carmen, presentó los valores de salinidad menores ($22.7 \pm 10.1\text{ }‰$), posiblemente por la gran descarga de agua dulce que es generada por la desembocadura del Río Palizada, como lo mencionan Ramos-Miranda *et al.* (2005) y Sosa López *et al.* (2007), quienes explican que la salinidad incrementa en toda la laguna, pero no lo hace en las zonas que se encuentran cerca de la Boca del Carmen debido a que esta zona es afectada por la descarga de los sistemas fluvio-lagunares, en especial por el Río Palizada. Los valores de la salinidad en este estudio se encontraron entre los valores obtenidos para otros estudios realizados en la década de 1990 (EPOMEX, 2000a; Ramos-Miranda *et al.*, 2005; Sosa López *et al.*, 2007) y posiblemente se deba a que la permanencia de masas de agua marina en la Laguna de Términos fue muy similar entre estudios.

La visibilidad en la Laguna de Términos en la década de 1990 presentaba valores menores en la zona suroeste (15%) y mayores hacia la zona noreste (85%), mientras que la visibilidad en la cuenca central lagunar oscilaba entre 30% y 50% (EPOMEX, 2000a). En este estudio se encontraron valores similares a los reportados por EPOMEX (2000a): la

zona en donde se obtuvo una mejor visibilidad fue la zona 3 o zona oriental de la Laguna de Términos, con una visibilidad promedio de $47.0 \pm 0.28\%$. La zona 1, que es donde se encuentra la Boca del Carmen, presentó la menor visibilidad, con $18.0 \pm 0.13\%$ y la zona 2 o zona central tuvo una visibilidad intermedia de $39.0 \pm 0.25\%$. El valor promedio de visibilidad para toda la laguna en este estudio fue de $40.0 \pm 0.28\%$.

Así, las características fisicoquímicas de la Laguna de Términos no presentaron grandes variaciones durante los últimos años, por lo que se presume que las características ambientales de la laguna utilizada por las toninas debieron haber sido, en la década de 1990, similares a lo que se encontró en este estudio. Probablemente, lo mismo aplica para la distribución de las manadas de toninas en la Laguna de Términos, que fue bastante homogénea.

6.4 Distribución de las presas de toninas en la Laguna de Términos

Se han realizado diversos estudios acerca de la comunidad de peces de la Laguna de Términos, con los que se ha registrado que la comunidad de peces se encuentra conformado por 100 especies, de las cuales alrededor de 15 son consideradas como dominantes (Yáñez-Arancibia y Day, 1982). Destacan la mojarra (*Diapterus rhombeus*), la corvina (*Bairdiella chrysoura*), la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*), el sargo (*Archosargus rhomboidallis*) y el bagre (*Arius melanopus*) (Yáñez-Arancibia y Day, 1982; EPOMEX, 2000b), todas ellas asociadas a zonas con vegetación sumergida, principalmente *Thalassia testudinum* y *Rizophora mangle* (Vargas Maldonado *et al.*, 1981).

Diapterus rhombeus es una especie que es presa de las toninas (Ayala-Pérez *et al.*, 2001) y presenta una distribución que no abarca lugares someros dentro de la Laguna de Términos, encontrándose principalmente en las Bocas del Carmen y Puerto Real (Ayala-Pérez *et al.*, 2001). Esto comprueba el hecho de que las toninas prefieran lugares cercanos a las Bocas del Carmen y Puerto Real por la presencia de presas, así como que las toninas se encontraron en lugares con una mayor profundidad, ya que esta variable limita la presencia de *Diapterus rhombeus*.

La corvina (*Bairdiella chrysoura*) y el sargo (*Archosargus rhomboidallis*) presentan una amplia distribución, con una mayor abundancia en la zona noroeste de la laguna, cercana a la Boca del Carmen, y se encuentran relacionadas a las zonas con sedimentos arenosos. La mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) es una especie que se distribuye principalmente en la parte noreste de la Laguna de Términos, ya que es una especie que se encuentra relacionada a los ambientes dulceacuícolas con influencia marina, en zonas de manglar y de pastos marinos que se encuentran asociados a sedimentos limosos y/o arenosos. El bagre (*Arius melanopus*) es una especie estuarina, dominante en la Laguna de Términos, y presenta una distribución principalmente en las zonas con influencia de agua dulce, encontrando una mayor cantidad de individuos cercanos a la desembocadura del Río Palizada y hacia la parte interior de la isla. Su mayor abundancia se presenta en las zonas con vegetación (*e.g.*, *Thalassia testudinum* y *Rizophora mangle*), con un intervalo de salinidad de 0- 26 ‰, con temperaturas entre 19 y 35 °C y con visibilidades de 20 a 80 %.

Aunque no se encontró si la corvina (*Bairdiella chrysoura*), el sargo (*Archosargus rhomboidallis*), la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) y el bagre (*Arius melanopus*) son consumidos por las toninas, se ha mencionado que las toninas son depredadores

oportunistas que se alimentan de cualquier especie con un cierto tamaño (Cockcroft y Ross, 1990). La mayoría de avistamientos de manadas de toninas en la Laguna de Términos durante los cinco años en los que duró este estudio se dieron principalmente en la zona que comprende a la Boca del Carmen (52.6%) y posteriormente en la zona de la Boca de Puerto Real (26.6%). La mayor abundancia de las comunidades de peces se encontró cercana a la Boca del Carmen y a la Boca de Puerto Real (EPOMEX, 2000b) y, como la distribución de las manadas de toninas depende principalmente de los movimientos de sus presas (Reyes, 1991; Gendron, 2002; Littaye *et al.*, 2004; Croll *et al.*, 2005; Panigada *et al.*, 2008; Pardo, 2009), es muy probable que todas estas especies si sean consumidas por las toninas de la Laguna de Términos.

7. CONCLUSIONES

Durante este estudio se encontró que las características del hábitat de las toninas de la Laguna de Términos en el periodo comprendido de enero 2004 a noviembre de 2008 fueron lugares que presentaron una mayor distancia a la desembocadura del Río Palizada, fondos con un tamaño de partícula mayor (arenas), una mayor profundidad y una visibilidad menor, ya que estas características favorecen la presencia de presas de las toninas.

8. RECOMENDACIONES

Este estudio contribuyó a incrementar el conocimiento sobre la ecología poblacional de las toninas en el Golfo de México y, más en específico, de las características del ambiente que las manadas de toninas utilizan en la región de la Laguna de Términos.

Es importante recomendar la ampliación del análisis del uso de hábitat de las toninas de la Laguna de Términos incluyendo datos de tamaño poblacional, así como de la conducta de las manadas de toninas para poder determinar si existen zonas particulares de la Laguna de Términos que favorezcan cierta conducta de las manadas de toninas y/o si los tamaños de las manadas se relacionan con las características físico-químicas de la Laguna de Términos.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, A. 1991. Behaviour and movements of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the entrance to Ensenada de la Paz, México. *Aquatic Mammals*, 17 (3): 137-147
- Amado, Y. 1963. Batimetría, salinidad, temperatura y distribución de los sedimentos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geol.*, 67 1-47
- Amezcua-Linares, F. y Yáñez-Arancibia, A. 1978. Pattern of diversity and abundance of fish communities in brackish swamps associated to Términos Lagoon, South Gulf of México. En *Seminar on Exploration of coastal lagoons and ecological*

alterations produced by pollution (Yañez Arancibia, A. y Day, J. W., eds.), pp. 24-28.
Sao Paulo: Instituto Oceanográfico, Universidad de Sao Paulo y OEA.

- Amezcua-Linares, F. y Yañez-Arancibia, A. 1980. Ecología de los sistemas fluviolagunares asociados a la Laguna de Términos. El hábitat y estructura de la comunidad de peces. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7 (1): 69-118
- Ayala-Pérez, L.A., Gómez-Montes, B y Ramos Miranda, J. 2001. Distribución, abundancia y parámetros poblacionales de la mojarra *Diapterus rhombeus* (pises: Gerreidae) en Laguna de Términos, Campeche, México. Rev. Biol. Trop., 49 (2): 635-642
- Azevedo, A.F., Oliveira, A.M., Viana, S.C., y Van Sluys, M. 2007. Habitat use by marine tucuxis (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the UK, 87 201-205
- Baumgartner, M.F., Mullin, K.D., May, L.N. y Leming, T.D. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. Fish. Bull, 99 (2): 219-239
- Bazalo, F.M.; Paulo, A.C. y Pereira, M.G. 2008. Uso de hábitat y principales comportamientos del delfín gris (*Sotalia guianensis*, Van Bénédén, 1864) en la Bahía Norte, estado de Santa Catarina, Brasil. Mastozool. Neotrop., 15 (1): 9-22
- Bazúa-Durán, C. y Herrera-Hernández. A. 2007. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) phonations: how recording and usage are related. Bio-Acoustics, 29 (3): 43-46

- Bearzi, M. 2005. Aspects of the ecology and behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Santa Monica Bay, California. *J Cetacean Res Manag*, 7: 75-83
- Benítez, J. A. y Barcenas, C. 1996 Sistemas fluvio-lagunares de la Laguna de Términos: hábitats críticos susceptibles a los efectos adversos de los plaguicidas. En Golfo de México, Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias (Botello, A. V., Rojas-Galaviz, J. L., Benítez, J. A. y Zárata Lomeli, D. eds.), pp. 187-201. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- Botello, A. V., Rojas-Galaviz, J. L., Benítez, J. A. y Zárata Lomeli, D. (eds.). 1996. Golfo de México Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica, 5. 666 pp.
- Botello, A. V. 1978. Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvias (mayo y noviembre de 1974) en la laguna de Términos, Campeche. *An. Del Inst. de Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. De México*, 6: 159-178
- Cabrera Arreola, A.A. y Ortiz Wolford, J. 2007. Análisis de la relación y efecto de variables físicas del océano sobre la ocurrencia y tamaño de grupo de los delfines (Cetacea: Delphinidae) en la costa pacífica de Guatemala. Informe final de investigación I. Universidad de San Carlos de Guatemala. 21 pp.
- Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L. y Monreal-Gómez, A. 1993. Suspend sediments in the southeastern Gulf of México. *Mar. Geol.*, 112: 257-269

- Cockcroft, V.G. y Ross, G. J. B. 1990. Food and feeding of the Indian Ocean bottlenose dolphin off Southern Natal, South Africa. 295-308. En: The bottlenose dolphin (Leatherwood, S. y Reeves, R. eds). Sudáfrica: Academic Press. 653 pp.
- Connor, R.C., Smolker, R.A. y Richards, A.F. 1992. Dolphin alliances and coalitions. En: Coalitions and Alliances in Humans and other animals (A. M. Marcourt y de Waal F. B. M. eds.), pp. 415-443. Oxfordshire: Oxford Science Publications.
- Contreras, E.F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. México: Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. 263 pp.
- Contreras, E.F. 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. 415 pp.
- Croll, D.A., Marinovic, B., Benson, S., Chávez, F.P., Black, N., Ternullo, R. y Tershy, B.R. 2005, from wind to whales: Trophic links in a coastal upwelling system. Marine Ecology Progress Series, 289: 117-130
- Cubero Pardo, P. 2007. Distribución y condiciones ambientales asociadas al comportamiento del delfín bufeo (*Tursiops truncatus*) y el delfín manchado (*Stenella attenuata*) (Cetacea: Delphinidae). Rev. Biol. Trop., 5 (002) 549-557
- Culloch R.M. y Robinson K.P. 2008. Bottlenose dolphins using coastal regions adjacent to a Special Area of Conservation (SAC) in north-east Scotland. Journal of the Marine Biological Association of the UK, 88 (6): 1237-1243
- Day, J. W., Hall, C.A., Kemp, W.M. y Yáñez Arancibia, A. 1989. Estuarine Ecology. New York: John Wiley. 558 pp.
- Delgado Estrella, A. 1991. Algunos aspectos de la ecología de poblaciones de las toninas (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) en la Laguna de Términos y Sonda de

Campeche, México. Tesis profesional, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 148 pp.

- Delgado Estrella, A. 2002. Comparación de parámetros poblacionales de las toninas, *Tursiops truncatus*, en la región sureste del Golfo de México (Estados Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 160 pp.
- De Stephanis, T. Cornulier, P. Verborgh, J. Salazar Sierra, N. Pérez Gimeno, C. Guinet 2008. Summer spatial distribution of cetaceans in the strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context. *Marine Ecology Progress Series*, 353: 272-288
- Díaz López, B. y Bernal Shiray, J.A. 2006. Estudio multiescalar de la influencia de la acuicultura en la presencia de delfines mulares *Tursiops truncatus* (Montagu 1821). Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. CIVA. 282–290 pp.
- Emlen, S.T. y Oring, L.T. 1977. Ecology, sexual selection and the evolution of mating systems. *Science*, 197: 215-223
- EPOMEX, 2000a. Evaluación del camarón blanco (*Litopenaeus setiferus*) y de las comunidades nectónicas de la laguna de Términos Campeche, México: estimación de los impactos ambientales y pesqueros. Reporte ALIM-11-96. Campeche, México. 19 pp.
- EPOMEX, 2000b. Recursos pesqueros, complejidad ecológica y geoestadística. *Boletín Jaina Universidad Autónoma de Campeche*, 11(2): 11-16
- EPOMEX, 2002. Ecología del paisaje y diagnóstico ambiental del ANP Laguna de Términos. EPOMEX-UNAM. Campeche, México. 199 pp y anexos.

- Escatel Luna, R.E. 1997. Biología poblacional de las toninas *Tursiops truncatus*, en la Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar. Unidad Académica de los Ciclos profesionales y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 103 pp.
- Ferrero, R.C., Hobbies, R. C. y VanBlaricom, G. R. 2002. Indicators of habitat use patterns among small cetaceans in the central North Pacific based on fisheries observer data. *J. Cetacean Res. Manage.*, 4: 311-321
- Flores-Coto, C. y Álvarez, C.J. 1980. Estudios preliminares de distribución y abundancia del ictioplancton en la Laguna de Términos, Campeche. *An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 7 (2): 67-78
- Flores-Hernández, D., Ramos-Miranda, J., Rendon-von Ostern, J., Sosa-Lopez, A., Alpuche-Gual. L., Rosas-Vega, R., Arreguin-Sanchez, F., Gonzalez, M. A., Santos, J. y Ayala-Perez, L. A. 2000. Evaluación del camarón blanco (*Litopenaeus setiferus*) y de las comunidades nectónicas de la Laguna de Términos Campeche, México: impactos ambientales y pesqueros. SISIERRA-CONACYT Grant Reporte ALIM-11-96. 19 pp.
- Folk, R.L. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Austin: Hemphill Publishing Company. 184 pp.
- Gallo Reynoso. J. P. 1988. Informe de las observaciones de grupos de toninas (*Tursiops truncatus*) en la Boca del Carmen Laguna de Términos y en la Sonda de Campeche, México. Instituto de Biología, Laboratorio de Mastozoología, UNAM. 14 pp.

- García-Abad, M. C., Tapia-García, M., Yáñez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P. 1999. Distribución, Abundancia y Reproducción de *Harengula jaguana* Godde y Bean, en la plataforma Continental del Sur del Golfo de México (Pisces: Clupeidae). *Biotropica*, 31 (3): 494-501
- Gendron, D. 2002 Ecología poblacional de la ballena azul, *Balaenoptera musculus* de la península de Baja California. Tesis Doctorado. Centro de Investigaciones Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, BC, México, 112 pp.
- Good, C., Craig, K., Hazen, E., Crowder, L. y Read, A. 2006 Distribution of bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the northern Gulf of Mexico in relation to summertime hypoxic events. *EOS Trans Am Geophys Union*, 87: 36
- Guevara Aguirre, D. 2008. Distribución y abundancia de tursiones (*Tursiops truncatus*) en Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis profesional, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue. 82 pp.
- Guevara Aguirre, D., Bazúa Durán, M. C. y Delgado Estrella, A. 2009. Presence of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Laguna de Términos, Campeche, México related to environmental factors. *Memorias de la 18 th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*. Québec, Canadá, pp. 306
- Guevara Aguirre, D., Bazúa Durán, M. C. 2010. Relación de la presencia de toninas (*Tursiops truncatus*) en Laguna de Términos, Campeche, México con los factores ambientales. *Memorias de la 32 Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*, Xalapa, México, pp. 40
- Herrera, J., Silva, A., Salles, A. P., Villalobos, G. J., Medina, I., Espinal, J., Zaldivar, A., Trejo, J., González, M., Cú, A., y Ramírez, J. 2002. Análisis de la calidad

ambiental usando indicadores hidrobiológicos y modelo hidrodinámico actualizado de Laguna de Términos. CINVESTAV-IPN (Campus Mérida), EPOMEX, UNAM, 187 pp.

- Huler, Scott (2004). Definir el viento: La escala de Beaufort, y cómo diecinueveavo Science del siglo de almirante Turned en poesía.
- INE, 1995. Reservas de la Biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. 143 pp.
- INE, 1997. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos México. SEMARNAP, México. 166 pp.
- INEGI. 1994. Anuario estadístico del estado de Campeche. Campeche: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- INEGI. 1997. Anuario estadístico del estado de Campeche. Campeche: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Jefferson, T.A., Leatherwood, S. y Webber, M.A. 1993. Marine mammals of the world. Roma: FAO. 320 pp.
- Kjerfve, B., Ribeiro, C.H.A., Dias, G.T.M., Filippo, A.M. y Quaresma, V.S., 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Bahia de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research*, 17: 1609–1643
- Krebs, CH.J. 1985. Ecología, estudio de la distribución y abundancia. México: Harla. 753 pp.
- Leatherwood, S. y Reeves, R. 1982. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) and other toothed cetaceans. En *Wild mammals of North America: Biology, Management*

and Economics (Chaoman, J. y Feldhamer, G., eds.), pp. 369-414. Baltimore y London: Johns Hopkins University Press.

- Leatherwood, S. 1979. Aerial survey of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, and the west Indian manatee, *Trichechus manatus*, in the Indian and Banana Rivers, Florida. Fisher Bulletin, 77: 47-59
- Leatherwood, S. y Reeves, R. 1990. The bottlenose dolphin. San Diego: Academic Press. 653 pp.
- Littaye, A., Gannier, A., Laran, S. y Wilson, J.P.F. 2004. The relationship between summer aggregation of fin whales and satellite-derived environmental conditions in the northwestern Mediterranean Sea. Remote Sensing of Environment, 90: 44-52
- López Padierna, M. 2007. Distribución de tursiones (*Tursiops truncatus*) en la Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 106 pp.
- Marcín, M. R. 1997. Comportamiento del tursión (*Tursiops truncatus* MONTAGU, 1821) en la ensenada de la Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría, CICIMAR La Paz, BCS, México, 78 pp.
- Marcín, M. R. 2010. Uso del hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en relación a los factores ambientales y antropogénicos en la ensenada y sur de la Bahía de la Paz, B.C.S., México, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México, 133 pp.

- May-Collado, L. y Morales, A. 2005. Presencia y patrones de comportamiento del delfín manchado costero, *Stenella attenuata graffmani* (Cetacea: Delphinidae) en el Golfo de Papagayo, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 53: 265-276
- McNab, B.K. 1963. Bioenergetics and the determination of home range size. *American Naturalist.*, 97: 133-140
- MDM. 2007. Mapas de México. [http://www.mapas-de-mexico.com/images / mexico_weather_map-optimize.jpg](http://www.mapas-de-mexico.com/images/mexico_weather_map-optimize.jpg)
- Medrano G. L. y Urbán R. J. 2002. La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994, 2000. Ficha de la especie, categorización de riesgo y propuesta para un plan nacional de investigación y conservación. 69 pp.
- Morteo, E., Heckel, G., Defran, R.H. y Schramm, Y. 2004. Distribution, movements and group size of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) to the south of Santa Quintin Bay, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 30: 35-46
- O'Shea, T. J., C. A. Beck, R. K. Bonde, H. I. Kochman, and D. K. Odell. 1985. An analysis of manatee mortality patterns in Florida, 1976-81. *Journal of Wildlife Management*, 49:1-11
- Packard, J. M. 1984. Impact of manatees *Trichechus manatus* on seagrass communities in eastern Florida. *Acta Zoologica Fennica*, 172: 21-22
- Panigada, S., Zanardelli, M., McKenzie, M., Donovan, C., Mélin, F. y Hammond, P.S. 2008. Modelling habitat preferences for fin whales and Striped dolphins in the Pelagos Sanctuary (Western Mediterranean Sea) with physiographic and remote sensing variables. *Remote Sensing of Environment*, 112: 3400-3412

- Pardo, M. A. 2009. Condiciones físicoquímicas y biológicas que modulan la abundancia de cetáceos sobre Cuenca Alfonso, Golfo de California. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias marinas. IPN. La Paz BCS. 101 pp.
- Perin, G., Fabris, R., Manente, S., Rabello-Wagener, A., Hamacher, C. y Scotto, S.A., 1997. Five-year study on the heavy-metal pollution of Guanabara Bay sediments (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the metal bioavailability by means of geochemical speciation. *Water Research*, 31: 3017–3028
- Ramos-Miranda, J., Quiniou, L., Flores-Hernández, D., Do-Chiș., Ayala-Pérez, L. y Sosa-López, A. 2005. Spatial and temporal changes in the nekton of the Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *Journal of Fish Biology*, 66: 513-530
- Reyes, J.C. 1991. The conservation of small cetaceans: a review. Report prepared for the Secretariat of the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. UNEP / CMS Secretariat, Bonn.
- Reza García, N. I. 2001. Distribución y abundancia de *Tursiops truncatus* en la Bahía de Santa María, Sinaloa, México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 59 pp.
- Rice, D. W. 1998. Marine mammals of the world. Systematics and distribution. Publ. Esp. Soc. Mar. Mammal. 4. Sudáfrica: Allen Press. 231 pp.
- Ruiz Boijseauneau, B. I. 1995. Distribución y abundancia de *Tursiops truncatus* Montagu, 1821 (Cetacea: Delphinidae) en la bahía de Banderas y aguas adyacentes de México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 112 pp.

- Sánchez-Gil, P., Flores-Hernández, D., Ramos-Miranda, J., Arreguín-Sánchez, F., y Sánchez-Chávez, J. 1994. Diagnóstico integrado de las pesquerías del Estado de Campeche. Informe final de investigación Proyecto (910104001336) , Convenio C910400104 de la Secretaría de Educación Pública/DGISCA-UAC, programa de Ecología Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX). 54 pp y 3 anexos
- Scott, M. D., Wells, R. S. y A. B. Irvine. 1990. A long-term study of bottlenose dolphins on the west coast of Florida. En *The bottlenose dolphin*. (S. Leatherwood y R. Reeves, eds.), pp. 235-244. San Diego: Academic Press.
- Shane, S. H. 1980. Ocurrence, movements, and distribution of bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in southern Texas, *Fishery Bulletin*, 78 (3): 593-601
- Shane, S. H. 1984. Manatee use of power plant effluents in Brevard County, Florida. *Florida Scientist*, 47: 180-188
- Shane, S. H., Wells, R. S. y Würsig, B. 1986. Ecology, behavior, and social organization of the bottlenose dolphin. *Mar. Mammal Sci.*, 2: 34-63
- Shane, S.H. 1990. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. En *The bottlenose dolphin*. (Leatherwood, S. y Reeves, R. R., eds.), pp. 245-265. Sanibel Island Florida: Academic Press. 653 pp.
- Simões-Lopes, P. C. y Fabian, M. E. 1999. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern of Brazil. *Revta Bras. Zool*, 16 (4): 1017-1024
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

- Taylor B.L. 1992. Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, México. *Marine Mammal Science*, 8: 262-274
- Torres, L.G., Rosel, P. E., D'Agrosa y Read, A.J. 2003. Improving management of overlapping bottlenose dolphin ecotypes through spatial analysis and genetics. *Marine Mammals Science*, 19 (3): 502-514
- UNAM. 2010. Universidad Nacional Autónoma de México.
http://mexico.com/images/mexico_weather_map-optimize.jpg
- Vargas-Maldonado, I., Yáñez-Arancibia, A. y Amezcua-Linares, F. 1981. Ecología y estructura de las comunidades de peces en áreas de *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* de la Isla del Carmen, Laguna de Términos, sur del Golfo de México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. México*, 8: 241-266
- Vázquez Botello, A. 1978. Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvias (mayo y noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Cen. Cienc. Mar Limnol. UNAM*, 5 (1): 159-177
- Vázquez Castán, L., Serrano Solís, A., López Ortega, M., Angel Galindo, J., Valdés Arellanes, M.P. y Naval Avila, C. 2007. Caracterización del hábitat de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*, Montagu 1821) en la costa Norte del estado de Veracruz, México. *UDO Agrícola*, 7: 285-292
- Ward, N. y Moscrop., A.1999. Mamíferos del Gran Caribe: Un resumen preliminar de su estatus de conservación. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Cuarta Reunión del Comité Asesor Científico y Técnico Interino (ISTAC) del Protocolo Relativo a las Áreas de Flora y Fauna Silvestre, especialmente

protegidas (SPAW) en la Región del Gran Caribe. La Habana: United Nations Environment Programme. 30 pp.

- Wells, R.S., Scott, M.D. e Irvine, A.B. 1987. The social structure of free-ranging bottlenose dolphin.. En: Current Mammalogy. (Genoways, H.H., ed.), pp. 247-305. New York: Plenum Press.
- Wells, R.S. y Scott, M.D. 2002. Bottlenose dolphins. *Tursiops truncatus* and *T. aduncus*. En: Encyclopedia of Marine Mammals (Perrin, W., Würsig B. y Thewissen, J., eds.), pp. 122-128.: Academic Press. 1414 pp.
- Wells, R.S., Rhinhart, H., Hansen, L., Sweenwy, J., Townsend, F., Stone, R., Casper, D., Scott, M., Hohn, A. y Rowles, T. 2004. Bottlenose Dolphins as Marine Ecosystem Sentinels Developing a Health Monitoring System. *EcoHealth*, 1: 246-254
- Wells, R. S. y Scott, M.D. 2009. Common bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*. En: Encyclopedia of marine mammals (Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM, eds.), pp. 249-255. 2a. ed. Amsterdam: Academic Press.
- Yáñez-Arancibia, A. y Day, Jr., J. W. 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon tropical lagoon estuarine system in the southern Gulf of México. En: Coastal lagoon. (Laserre, P. y Postman, H., eds.), pp. 462. Oceanological Acta Special Volumen 5.
- Yáñez-Correa, A. 1963. Batimetría, salinidad, temperatura y distribución de los sedimentos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Bol. Inst. Geol. UNAM.*, 67: 1-47

- Yáñez-Correa, A. 1971. Procesos costeros y sedimentos recientes de la plataforma continental al sur de la Bahía de Campeche. Bol. Soc. Geol. Mexicana, 32 (75): 1-115

ANEXO 1: DISTANCIA GEOREFERENCIADA

En un mapa georeferenciado del área de estudio se plasmaron los avistamientos de las manadas de toninas, así como la posición de las estaciones muestreadas durante los cinco años que duró este estudio. Se le asignó un punto fijo a la desembocadura del Río Palizada en 18.52° de latitud y -91.78° de longitud para poder calcular la distancia que existía entre cada avistamiento de manadas y cada estación a la desembocadura del Río Palizada.

La distancia a la desembocadura del Río Palizada se midió utilizando el cálculo de distancia geográfica desarrollado por el Dr. Luis Medrano González de la UNAM (*comun. pers.*).

Esta distancia geográfica considera tanto la curvatura de la tierra, como el hecho de que un grado longitud no es el mismo en cualquier parte del globo y depende de la latitud en la que uno se encuentre. Entonces, la distancia geográfica se calculó como:

$$d = \left[1.85198 * 60 * \left((latitud_1 - latitud_2)^2 \right) + \left(\frac{((longitud_1 - longitud_2)^2)}{a} \right) \right]^{1/2},$$

donde las latitudes y las longitudes están en grados y a es la relación entre minutos de longitud por milla náutica, que en este caso fue de 1.05317. El valor de a se obtiene con la siguiente fórmula.

$$a = \frac{6356.75}{\left[r\alpha_2 * (\cos(\alpha_2 * \pi / 2)) \right]},$$

donde: el valor de 6356.75 km corresponde al radio promedio de la tierra por los polos,

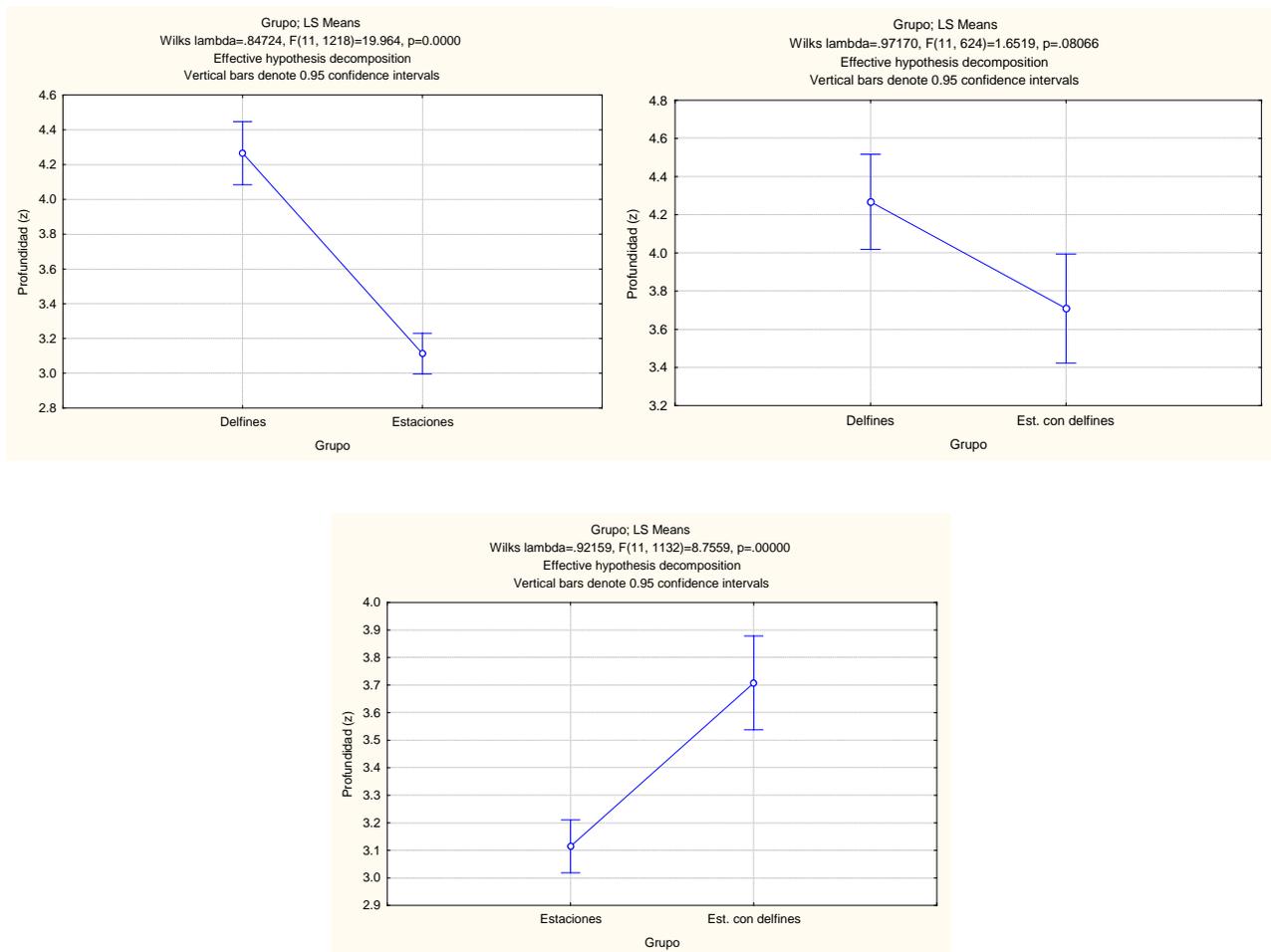
ra_2 corresponde al radio de la tierra en la latitud en donde se encuentra la zona de estudio y se calcula como

$$ra_2 = (\alpha_2 * 6356.75) + ((1 - \alpha_2) * 6378.135) \text{ y}$$

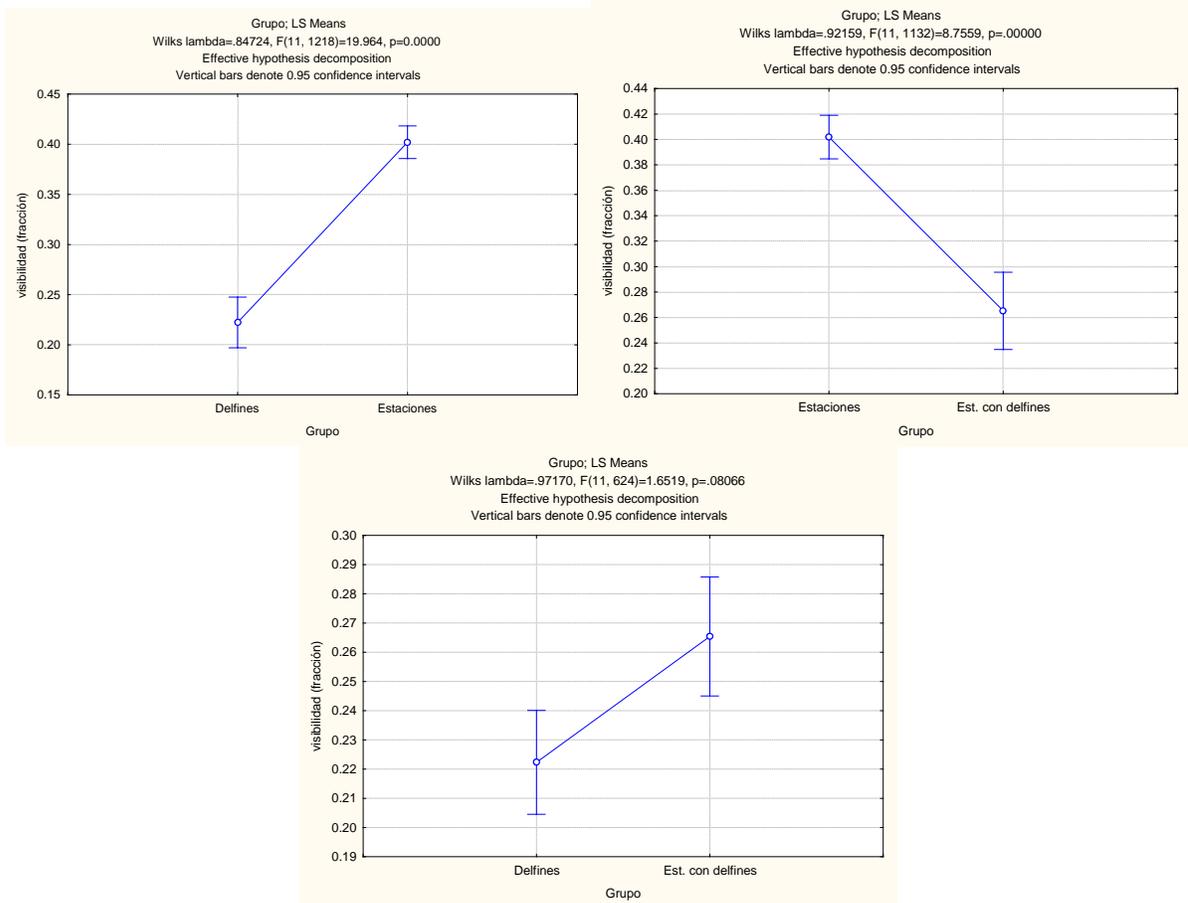
$$\alpha_2 = \frac{\left[\left(\frac{latitud_1^\circ}{90} \right) + \left(\frac{latitud_2^\circ}{90} \right) \right]}{2}.$$

ANEXO 2: GRÁFICAS UNIVARIADAS

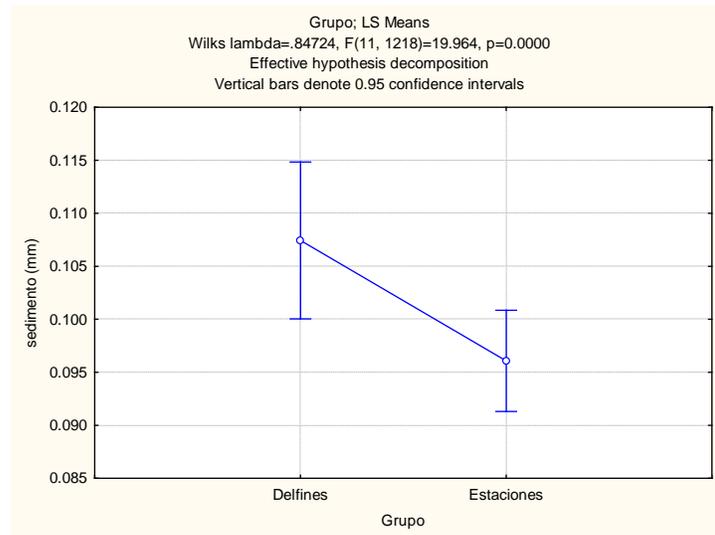
A continuación se muestran las gráficas de los promedios y las desviaciones estándar de las variables que resultaron significativamente diferentes cuando se compararon las tres bases de datos.



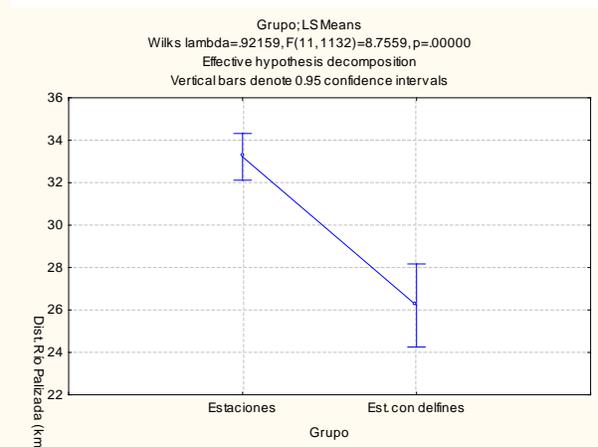
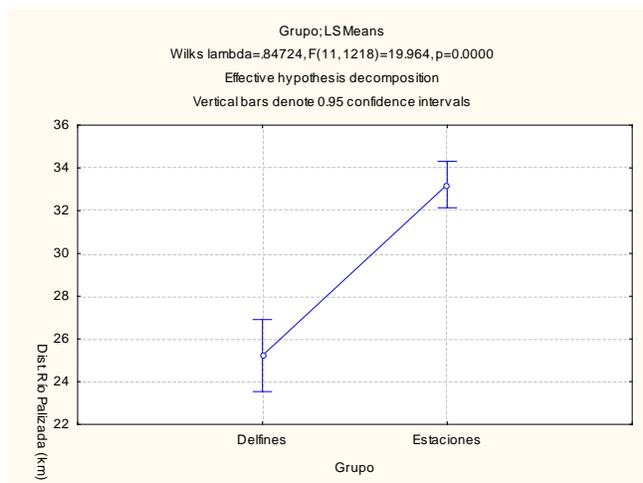
Resultados univariados significativos para la profundidad al comparar las tres bases de datos por parejas: Estaciones vs. Delfines, Estaciones vs. Estaciones con delfines y Delfines vs. Estaciones con delfines.



Resultados univariados significativos para la visibilidad al comparar las tres bases de datos por parejas: Estaciones vs. Delfines, Estaciones vs. Estaciones con delfines y Delfines vs. Estaciones con delfines.



Resultados univariados significativos para el tipo de sedimento al comparar las tres bases de datos por parejas: Estaciones vs. Delfines, Estaciones vs. Estaciones con delfines y Delfines vs. Estaciones con delfines.



Resultados univariados significativos para la distancia al Río Palizada al comparar las tres de bases de datos por parejas: Estaciones vs. Delfines, Estaciones vs. Estaciones con delfines y Delfines vs. Estaciones con delfines.