



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
(Biología Marina)

“Uso y caracterización del hábitat de dos ecotipos de toninas
(*Tursiops truncatus*) (costero y oceánico) en la región de
Guaymas Sonora, Golfo de California”

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS

PRESENTA:
M. en C. DANIEL GUEVARA AGUIRRE

TUTOR: Dr. JUAN PABLO GALLO REYNOSO

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Guaymas

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. TANIA ESCALANTE ESPINOSA (Facultad de Ciencias, UNAM)

Dr. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER (Instituto de Biología, UNAM)

Dr. XAVIER CHIAPPA CARRARA (UMDI-Sisal, UNAM)

Dr. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN (CICIMAR, IPN)

Asesor externo: Dr. ALBERTO DELGADO ESTRELLA (Facultad de Ciencias Naturales, UNACAR)

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Diciembre 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

“Con profundo amor para ti”

“Soy de los que piensan que la ciencia tiene una gran belleza.

Un científico en su laboratorio no es solo un técnico: es también un niño colocado ante fenómenos naturales que le impresionan como un cuento de hadas”

Marie Curie

“No digas no puedo ni en broma,

porque el inconsciente no tiene sentido del humor,

lo tomará en serio, y te lo recordará cada vez que lo intentes”

Facundo Cabral

AGRADECIMIENTOS

Antes de cualquier cosa quiero agradecerles a mis padres, porque gracias a su apoyo e inmenso amor he logrado culminar una etapa muy importante en mi vida académica, gracias por ser mi apoyo en los momentos de debilidad y ser siempre unos padres amorosos y dedicados, pero sobre todo por siempre confiar en mí, no tengo palabras para describir lo afortunado que soy al contar con ustedes dos a mi lado.

A Cris, primordialmente por estar ahí siempre, por ser esa compañera en las aventuras más locas de mi vida, por tu inmenso amor y comprensión, por siempre tener una palabra de aliento y nunca dejarme caer, no encuentro palabras que describan lo agradecido que estoy con la vida por ponerte en mi camino, gracias por tu invaluable apoyo en el campo y sobre todo por atreverte a curarme las heridas de guerra, gracias por haber llegado a la cúspide de mis estudios juntos.

A mi hermano Edmundo por ser parte importante en mi vida por todo el apoyo y por nunca abandonarme permaneciendo siempre a mi lado en los momentos de mayor dificultad siempre con una palabra precisa para salir adelante y sobre todo por darme a mi sobrinito hermoso Matías (Mictante) que con sus poquitos años me ha llenado de alegría y amor, enseñándome a siempre tener una sonrisa en mi rostro.

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, este logro también es de ustedes.

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.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Al Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso, por darme el privilegio de trabajar con Usted y mostrarme las maravillas de los mamíferos marinos del Golfo de California, por compartir todas sus enseñanzas e historias en el campo, pero sobre todo, quiero agradecerle por 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 unas excelentes amigas me llevo muy buenos recuerdos de todas ustedes.

A mis amigos del CIAD, CIADE y Guaymenses por compartir grandes experiencias y aventuras juntos pero sobre todo por su invaluable amistad, gracias a Néstor, Ana G., Chuy, Lucila, Isaí, Jackie, Janitzio, Daniela, Germán, Maury, Daniel, Ana Lucía, Dra. Jackie, Ale Apolinar, Vero, Lupita, Diana, muchas gracias por adoptar a este poblanito.

Al Dr. José Montoya por su valiosa ayuda en los análisis estadísticos y al Dr. Janitzio Égido por su valiosa ayuda en la generación de los mapas de esta tesis.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Unidad Guaymas por las facilidades prestadas para la realización de este proyecto de investigación en la Cuenca de Guaymas, así como a JL Higuera de las Guásimas y a JL Ramírez de La Manga por su valioso apoyo en el campo y su amistad.

Al CONACYT por la beca de estudios de doctorado que me fue otorgada a través del Programa de Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y al financiamiento de Comunidad y Biodiversidad (COBI, A.C.)

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Ecotipos de toninas	4
2.2 Antecedentes de uso de hábitat	9
3. ÁREA DE ESTUDIO	15
3.1 Bahía de las Guásimas	17
3.2 Cuenca de Guaymas	19
4. HIPÓTESIS	22
5. OBJETIVOS	23
5.1 Objetivo general	23
5.2 Objetivos particulares	23
6. JUSTIFICACIÓN	24
7. METODOLOGÍA	25
7.1 Toma de datos para los dos ecotipos de toninas	25
7.2 Número de salidas por ecotipo	29
7.3 Análisis de datos	30
7.3.1 Abundancia realtiva	30
7.3.2 Distribución y estacionalidad de los ecotipos de toninas	31

7.3.3 Comportamiento por bloques de tiempo	32
7.3.4 Modelo lineal generalizado (GLM)	33
7.4 Caracterización del hábitat de los dos ecotipos de toninas del G.C.	33
8. RESULTADOS	34
8.1 Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa total	34
8.2 Distribución y abundancia de los ecotipos de toninas	36
8.2.1 Distribución	36
8.2.2 Abundancia relativa estacional	45
8.2.3 Estacionalidad	48
8.3 Uso de hábitat	59
8.3.1 Comportamientos por bloque de tiempo	59
8.3.2 Modelo lineal generalizado (GLM)	61
8.4 Caracterización del hábitat de los ecotipos de toninas	63
8.4.1 Medidas de tendencia central	63
8.4.2 Modelo lineal generalizado (presencia/ausencia)	65
9. DISCUSIÓN	65
9.1 Descripción de los ecotipos	66
9.2 Distribución y abundancia relativa	67
9.2.1 Distribución	67
9.2.2 Abundancia relativa total	70
9.2.3 Estacionalidad	73
9.3 Uso de hábitat	78
9.3.1 Comportamiento de las toninas	78
9.4 Caracterización del hábitat de los ecotipos de toninas	84
10. CONCLUSIONES	89
11. LITERATURA CITADA	91
ANEXO	106

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de hábitat y micro-hábitat	2
Figura 2. Mapa de distribución de <i>Tursiops truncatus</i>	3
Figura 3. Morfología de toninas costeras	6
Figura 4. Morfología de toninas oceánicas	6
Figura 5. Área general de estudio G.C.	16
Figura 6. Bahía de las Guásimas	19
Figura 7. Cuenca de Guaymas	21
Figura 8. Mapas de esfuerzo de navegación	35
Figura 9. Densidad Kernel de las toninas costeras	36
Figura 10. Porcentaje de toninas costeras por categoría de edad	37
Figura 11. Mapas de comportamientos de las toninas costeras	39
Figura 12. Densidad Kernel de las toninas oceánicas	40
Figura 13. Porcentaje de toninas oceánicas por categoría de edad	41
Figura 14. Mapas de comportamiento de las toninas oceánicas	44
Figura 15. Ecosonda que muestra la capa de alimento en la columna de agua	44
Figura 16. Porcentaje de individuos y manadas costeras por estación climática	46
Figura 17. Porcentaje de individuos y manadas oceánicas por estación climática	47
Figura 18. Intervalos de confianza del número de manadas por estación climática	50
Figura 19. Distribución del ecotipo costero por estación climática	52
Figura 20. Intervalos de confianza del número de individuos por estación climática	55
Figura 21. Distribución del ecotipo oceánico por estación climática	57
Figura 22. Análisis de correspondencia de comportamiento/hora (costeras)	60
Figura 23. Análisis de correspondencia de comportamiento/hora (oceánicas)	61
Figura 24. Distribución y densidad Kernel de las toninas costeras	68
Figura 25. Batimetría de la Cuenca de Guaymas	69
Figura 26. Alimentación cooperativa de delfines	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de salidas para los dos ecotipos	29
Cuadro 2. Abundancia relativa total	35
Cuadro 3. Toninas costeras por categoría de edad	37
Cuadro 4. Toninas costeras por comportamiento y categoría de edad	38
Cuadro 5. Toninas oceánicas por categoría de edad	41
Cuadro 6. Toninas oceánicas por comportamiento y categoría de edad	42
Cuadro 7. Abundancia relativa de individuos y manadas costeras por estación	45
Cuadro 8. Abundancia relativa de individuos y manadas oceánicas por estación	47
Cuadro 9. Comparación estacional de abundancia relativa	48
Cuadro 10. Medidas de tendencia central estacional (costeras)	49
Cuadro 11. Intervalo de confianza de individuos y manadas costeras	51
Cuadro 12. Medidas de tendencia central estacional (oceánicas)	54
Cuadro 13. Intervalos de confianza de individuos y manadas oceánicas	55
Cuadro 14. Intervalos de confianza de las manadas de ambos ecotipos	58
Cuadro 15. Intervalos de confianza de los individuos de ambos ecotipos	59
Cuadro 16. Comportamiento por bloques de tiempo (costeras)	59
Cuadro 17. Comportamiento por bloques de tiempo (oceánicas)	60
Cuadro 18. GLM de toninas costeras	62
Cuadro 19. GLM de toninas oceánicas	63
Cuadro 20. Medidas de tendencia central de la comparación de ambos ecotipos	64
Cuadro 21. GLM de la comparación de toninas	65
Cuadro 22. Abundancia relativa de toninas en México	72

RESUMEN

Dos ecotipos de toninas (*Tursiops truncatus*) han sido descrito para el Golfo de California: el oceánico y el costero. El estudio de la ecología de las toninas en el Golfo de California se ha basado principalmente en la distribución y abundancia del ecotipo costero, no existen estudios que caractericen y comparen el hábitat de ambos ecotipos en la costa central de Sonora, lo que permitiría apoyar la hipótesis del hábitat local para cada ecotipo. El presente estudio pretende relacionar las características oceanográficas con el uso del hábitat de los dos ecotipos de toninas y caracterizar su hábitat, utilizando diez variables ambientales (profundidad, color del mar, visibilidad, estado del mar, salinidad, temperatura superficial, concentración de clorofila, distancia a costa, pendiente del fondo y densidad del agua). Para determinar lo anterior se realizaron 13 salidas a la zona costera y 16 salidas a la zona oceánica en la costa central de Sonora. Se utilizó un índice de abundancia relativa (IAR) para definir la abundancia estacional de ambos ecotipos. En el caso de las toninas costeras, se obtuvo que la estación con mayor abundancia fue la primavera (18.52 toninas/hora), mientras que para las toninas oceánicas fue el invierno (51.43 toninas/hora). El análisis estacional por ecotipo de las manadas y del número de individuos mostró que el conteo esperado de manadas sería el mismo para ambos ecotipos, mientras que el conteo de los individuos fue diferente para cada ecotipo (Costeras: manadas $D=4.92$ ($p=0.1781$); individuos: $D=61.50$ ($p<0.001$). Oceánicas: Manadas $D=7.78$ ($p=0.0501$); individuos $D=547.42$ ($p<0.001$)). El análisis de correspondencia indicó que el ecotipo costero presenta cuatro comportamientos, el de alimentación y tránsito que se realiza por la mañana, el de socializar que se presenta al medio día y el de descanso que se presenta por la tarde, además seis variables influyen en estos cuatro comportamientos, las cuales son: temperatura superficial, visibilidad, salinidad, color del mar, distancia a la costa. Por otro lado, el ecotipo oceánico también presentó estos cuatro comportamientos, el de alimentación por la mañana y la tarde, el de socialización al medio día, el de descanso en la tarde, el de tránsito por la mañana y la tarde; además, cinco variables ambientales se relacionan a los cuatro comportamientos del ecotipo oceánico: profundidad, color del mar, temperatura superficial y la pendiente del fondo. Los modelos lineales indicaron que cuatro variables caracterizan y diferencian a los dos ecotipos de toninas de la costa oriental del Golfo de California, estas variables son: la pendiente del fondo, la concentración de clorofila, la distancia a la costa y el color del mar. Con base en lo anterior es posible comprobar la hipótesis del hábitat local, ya que cada ecotipo depende de un conjunto de variables que es propio de su hábitat, lo que afecta su distribución y la presencia de comportamientos específicos.

Palabras clave: Ecotipo; Uso de hábitat; Hábitat; Modelo lineal generalizado; Análisis de correspondencia

ABSTRACT

Two ecotypes of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) have been described in the Gulf of California: oceanic and coastal. The study of the ecology of bottlenose dolphins in the Gulf of California has been based mainly on the distribution and abundance of the coastal ecotype; therefore there are no comparative studies of the ecology and seasonality of coastal and oceanic ecotypes in the Guaymas Basin, Gulf of California, which can support the local habitat hypothesis for each ecotype. This research pretend relate the oceanographic factors with the habitat use of two ecotypes of bottlenose dolphins This research pretends to relate the oceanographic factors with the habitat use of the two ecotypes of bottlenose dolphins, ten environmental variables (depth, sea color, visibility, sea state, salinity sea surface temperature (sst), chlorophyll concentration, distance to coast, bottom slope and water density) were selected to characterize their habitat. Thirteen surveys were conducted at the coastal area and 16 in the offshore area (September 2013 - March 2014) to determine these variables. An index of relative abundance was used to define the seasonal abundance of both ecotypes. In the case of coastal ecotype, spring was the season with maximum abundance (18.52 dolphins/hour), while the winter presented the maximum abundance for the oceanic ecotype (51.43 dolphins/hour). The Seasonal analysis indicate that there are no significance differences in the number of herds of both ecotypes, while there is seasonal differences in the number of individuals of both ecotypes (Coastal: herds $D=4.92$ ($p=0.1781$); individuals: $D=61.50$ ($p<0.001$). Offshore: herds $D=7.78$ ($p=0.0501$); individuals $D=547.42$ ($p<0.001$)). Correspondence analyses showed that the coastal ecotype forages and transits in the morning, socializes at noon and rests on the evening, these behaviors were determined by six environmental variables (sst, visibility, salinity, sea color, distance to coast). The offshore ecotype forages in the morning and in the afternoon, having social life at noon, rest on the evening and transit in the morning and the afternoon, these behaviors are determined by five environmental variables (depth, sea color, sst, bottom slope). Generalized linear models shows that four variables characterize and differentiate the two ecotypes of bottlenose dolphins from the West coast of the Gulf of California, These variables are: bottom slope, Chlorophyll concentration, distance to coast and sea color. Based on the above, it is possible to verify the local habitat hypothesis, because each ecotype depends of a set of variables, which are typical of its habitat, affecting their distribution and the presence of specific behaviors

Key words: Ecotype; Habitat use; Generalized linear model; Correspondence analysis.

1. INTRODUCCIÓN

El hábitat se puede concebir como el espacio que reúne las condiciones y características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de una especie, es decir, para que una especie pueda perpetuar su presencia (Hall *et al.*, 1997, Storch, 2003), quedando descrito por la dimensión espacial y los rasgos que lo definen ecológicamente (Delfín-Alfonso *et al.*, 2009). Mitchell (2005) define al hábitat como un espacio, donde el arreglo estructural y la condición física del entorno permiten que un individuo o un grupo de individuos, encuentren las condiciones fundamentales para su población. La mayoría de las definiciones del hábitat se basan en gran medida en la relación entre el tamaño de la población (abundancia de la especie) y el área física en donde se encuentra, por lo que el hábitat define los límites de abundancia de los organismos en el medio físico, considerándose como el hábitat específico.

A partir de este concepto algunos autores señalan que el uso del hábitat se refiere a cómo algunas áreas que presentan ciertos factores, son utilizadas por diferentes especies; y cómo la interrelación de estos factores del hábitat determinan la distribución, abundancia y comportamientos de los organismos en el ambiente que los rodea (Krebs, 1985; Ferrero *et al.*, 2002). Por lo que este tipo de estudios ecológicos, tratan de explicar la relación de los organismos con su hábitat para proporcionar claves para entender otros aspectos de la ecología poblacional de las especies, así como de su estructura social con fines de manejo y conservación (Emlen y Oring, 1977).

De manera general, los diferentes hábitats están conformados por una gama de micro-hábitats que van a diferir de manera física y biológica el uno del otro, por lo que algunos de estos les pueden proporcionar a los organismos protección contra los depredadores, mientras que otros les pueden proporcionar concentraciones mayores de

alimento, ocasionando en los organismos una distribución en estos micro hábitats en función del uso que hagan de ellos (Ballance, 1992).

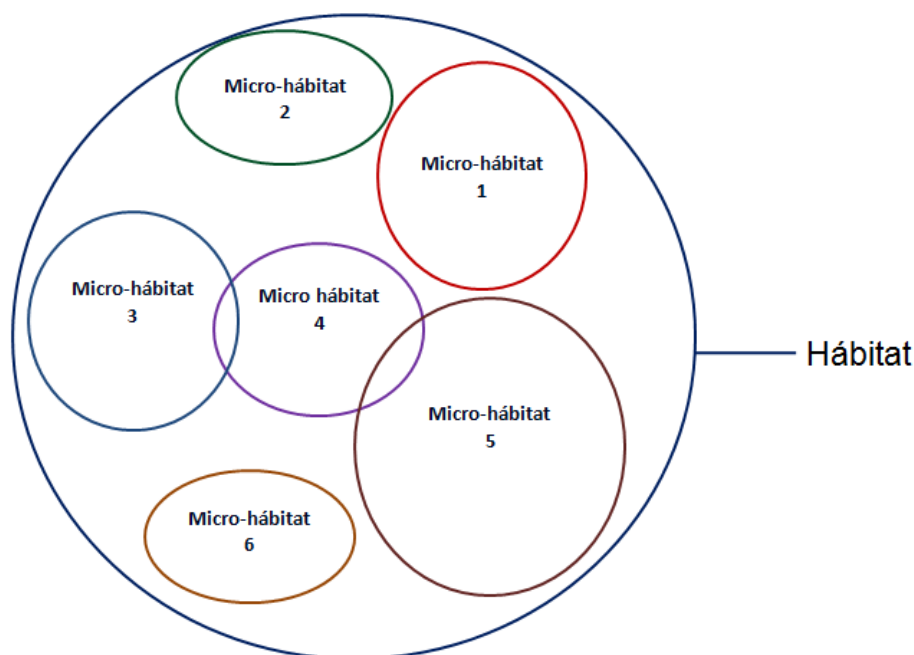


Figura 1. Esquema del hábitat con diferentes micro-hábitats, cada uno con requerimientos diferentes y que son utilizados por las especies de acuerdo a sus características ambientales

La heterogeneidad del hábitat y los requerimientos biológicos de cada una de las especies pueden generar patrones de distribución y del uso del hábitat, propiciando la diferenciación morfológica y genética, de las poblaciones de muchas especies marinas, además de propiciar cambios en su tamaño poblacional (McNab, 1963; Hoelzel, 1998). Un caso notable es de las toninas (*Tursiops truncatus*), las cuales han sido consideradas como los mamíferos marinos mejor estudiados en el mundo (Gallo-Reynoso y Rojas, 1985). Se ha observado que los individuos de esta especie establecen asociaciones de fisión-fusión, es decir que la composición de la manada cambia constantemente agregando y desagregando grupos, ya sea de hembras con cría, machos, juveniles, los cuales se mueven de diferente manera, pero sin dejar a la manada (*i.e.* pueden variar en su composición grupal tanto por hora como por día; Mann *et al.*, 2000), lo que les permite tener una estructura social que les proporciona capacidades importantes de aprendizaje de

alimentación, reproducción, defensa y comunicación (Brager *et al.*, 1994). Debido a lo anterior, se ha observado que las toninas pueden explotar una amplia variedad de hábitats, ocupando ambientes tanto oceánicos como costeros de casi todo el mundo (**Figura 2**; Rice, 1998; Wells y Scott, 2002).

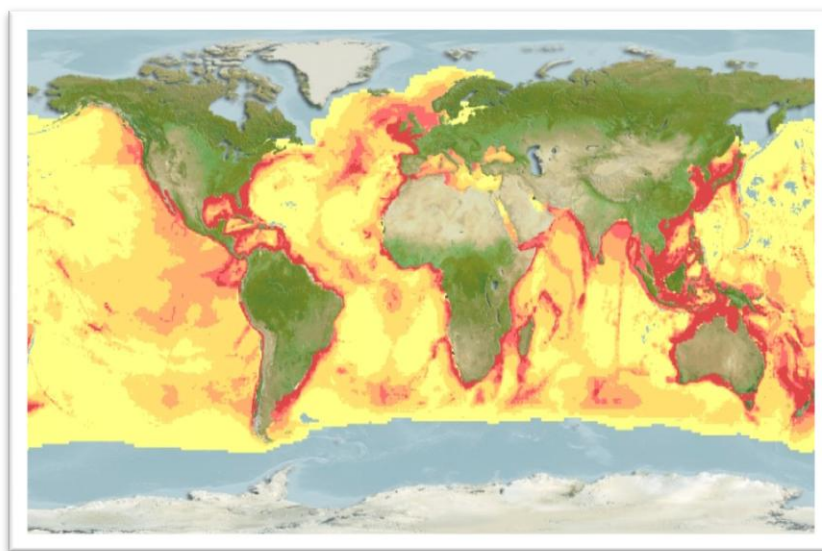


Figura 2. Distribución general de la tonina, *Tursiops truncatus*, desde aguas frías hasta mares tropicales (Tomado de Reviewed Native Distribution Map for *Tursiops truncatus* (bottlenose dolphin). www.aquamaps.org, version of Aug. 2010. Web. Accessed 8 Apr. 2013). En rojo se muestra la distribución costera, que es la más estudiada.

En México y en particular en el Golfo de California, las aguas de la costa centro–sur de Sonora son de gran importancia en la distribución de los mamíferos marinos. Lo anterior se debe a que los movimientos estacionales de grandes masas de aguas marinas otorgan características oceanográficas que generan una alta productividad planctónica, la cual favorece la presencia de peces e invertebrados, que se convierten en potenciales presas de los mamíferos marinos, determinando de manera indirecta su distribución (Gallo-Reynoso y Figueroa-Carranza, 1998; Jaquet y Gendron, 2002). En el Golfo de California se han registrado 30 especies de cetáceos (Orden: Cetacea), de los cuales siete son misticetos (ballenas y rorcuales) y 23 son odontocetos (delfines, marsopas, cachalotes y zífios) (Guerrero-Ruiz *et al.*, 2006).

La mayoría de los estudios acerca del uso de hábitat de las toninas se ha llevado a cabo en regiones costeras del Golfo de México y el Caribe Mexicano, por lo que existen pocos estudios en las costas de Sonora, entre ellos el de Ballance (1992), Segura (2004) y Pérez y Sosa (2014); aun así, estos no caracterizan o relacionan el uso del hábitat de los dos ecotipos de toninas (oceánicas y costeras); esto, probablemente se debe a la dificultad de trabajar con organismos pelágicos, ya que no se cuenta con un sustrato fijo (por ejemplo, la línea de costa o la fisiografía del fondo) que permita delimitar su estudio.

2. ANTECEDENTES

2.1 Ecotipos de toninas

Existen numerosos casos de polimorfismo en los mamíferos marinos que apoyan la hipótesis del hábitat local. Esta hipótesis promueve la diferenciación de la población en ausencia de barreras físicas, debido a que las especializaciones intra-específicas reflejan un uso diferencial del hábitat, que en algunos casos, conducen a un apareamiento selectivo o a la separación física de los hábitats locales que pueden resultar en la divergencia o especiación simpátrica de las poblaciones (Hoelzel, 1998).

En particular las toninas presentan una alta importancia ecológica debido a que es una especie que se encuentra en los últimos eslabones de las cadenas alimenticias y al ser uno de los últimos receptores del flujo de energía en el ecosistema, pueden indicar la productividad del mismo (Northridge y Pilleri, 1986; Heckel, 1992) o el estado en que se encuentra el mismo. Como todos los mamíferos marinos, las toninas se encuentran adaptadas a su hábitat, siendo de talla grande para la conservación del calor, de cuerpo hidrodinámico para una locomoción más eficiente y con gran potencia para un desplazamiento rápido (Reynolds *et al.*, 2000). Presentan una coloración que varía de gris oscuro a negro en el dorso y que se aclara hacia el vientre; dicha coloración varía en matiz y diseño entre los distintos individuos (Clutton-Brock, 2001). Como se mencionó con

anterioridad, se han descrito dos ecotipos para las toninas de casi todos los océanos del mundo, un oceánico y otro costero (Torres *et al.*, 2003), los cuales difieren en el tamaño corporal, el tamaño y la forma de las aletas dorsal y pectorales, el patrón de coloración e inclusive el tipo de parásitos, los cuales están relacionados con la dieta y con las características del medio en el que habitan (Walker, 1981; Hersh y Duffield, 1990).

En el Golfo de California los ecotipos de toninas presentan diferencias morfológicas. En este sentido Díaz-Gamboa (2003) y Gallo-Reynoso (*com. Pers.*) han propuesto que la forma costera, en comparación con la forma oceánica, es más grande y robusta, de color más claro en los flancos, con una evidente pigmentación dorsal más oscura que las zonas lateral y ventral, presentando un rostro más corto, aletas pectorales relativamente más cortas y amplias, y la región ventral de color cremoso o cremoso-rosado en las hembras, sin embargo, existe cierta variabilidad en estas diferencias; por ejemplo, en un estudio en las costas del suroeste de la isla de Tenerife (Islas Canarias) se propuso que el ecotipo costero es típicamente más pequeño que el oceánico con una pigmentación más clara y que las aletas son proporcionalmente más grandes que los individuos que viven en aguas oceánicas (Eisfeld, 2003; Vázquez-Castán *et al.*, 2009).

El ecotipo costero (**Figura 3**), como su nombre lo indica, se encuentra distribuido a lo largo de la zona nerítica. Se encuentra en mayor concentración en las localidades que tienen una alta productividad primaria, como lo son las desembocaduras de los ríos, las lagunas costeras, las zonas de surgencia y otras regiones costeras someras (entre 0.5 y 20 m de profundidad) (Reza, 2001; Bearzi, 2005). Sus manadas se caracterizan por organizarse en grupos pequeños de 3-7 individuos en la mayoría de las regiones costeras, aunque en la Bahía de las Guásimas, Sonora, pueden observarse manadas con decenas de individuos (Gallo-Reynoso *et al.*, 2006), con patrones de movimiento limitados (Connor *et al.*, 2000; Quintana-Rizzo y Wells, 2001).

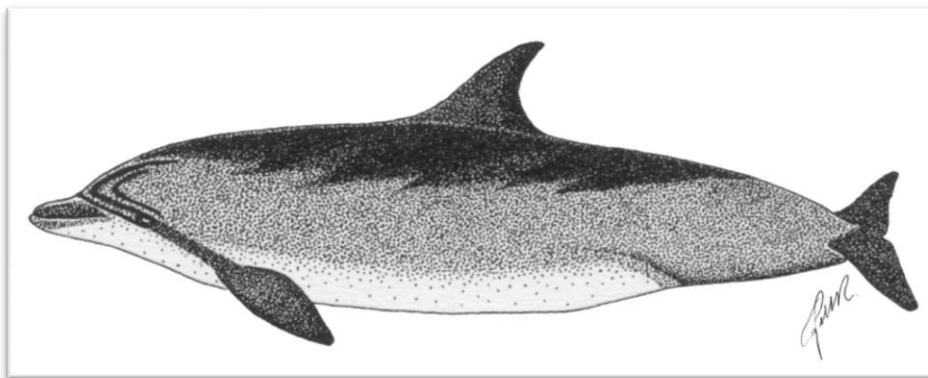


Figura 3. Morfología de las toninas costeras del Golfo de California, dibujo de Juan Pablo Gallo Reynoso.

El ecotipo oceánico (**Figura 4**) presenta movimientos menos restringidos y también se encuentra en muchas áreas productivas; algunas poblaciones pueden ser residentes en los alrededores de islas oceánicas (Reyes, 1991; Gallo-Reynoso y Figueroa-Carranza, 1998). En relación con el número de individuos, se ha encontrado que las manadas de las toninas oceánicas son de mayor tamaño que las costeras, desde 30 hasta 500 individuos (Ballance, 1992; Defran y Weller, 1999). En estas manadas tan grandes, las toninas han desarrollado silbidos individuales y distintivos (silbido-firma) que les permiten transmitir información particular de cada individuo y así poder mantener la cohesión del grupo (Janik *et al.*, 2006). Lo anterior se confirmó cuando se produjeron ruidos sintéticos con la misma frecuencia del contorno de los silbidos-firma de miembros de su familia y observando sus reacciones.



Figura 4. Morfología de las toninas oceánicas del Golfo de California, dibujo de Juan Pablo Gallo Reynoso.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Los movimientos de las toninas están relacionados directamente con la disponibilidad de sus presas, de tal manera, pueden navegar grandes distancias en aguas oceánicas en busca de alimento o como en el caso de las toninas costeras, pueden aprovechar las poblaciones de presas locales (Cockcroft y Ross, 1990). Por lo que el tipo de alimentación es otra característica en la cual difieren los dos ecotipos. El ecotipo costero se alimenta principalmente de peces de la familia Mugilidae (lisas), Scombridae (sierras), Scianidae (corvinas), Embiotocidae (mojarras) y Haemulidae (roncos), mientras que se ha documentado que las toninas oceánicas se alimentan principalmente de peces epipelágicos y cefalópodos (Cockcroft y Ross, 1990; Barros y Odell, 1990). Dichas características alimentarias les permiten a las toninas tener asociaciones con otros mamíferos marinos de mayor tamaño y con diferentes capacidades de buceo (Jaquet y Gendron, 2002), es por eso que en el Golfo de California se ha considerado que el ecotipo oceánico tiene una posición trófica similar a los cachalotes (*Physeter macrocephalus*) hembras y jóvenes, también con las ballenas piloto (*Globicephala macrorhynchus*) con las cuales se llegan a asociar (Gallo-Reynoso, 1984; Díaz-Gamboa, 2003).

Adicionalmente a estos estudios que muestran las diferencias morfológicas, de comportamiento y asociación grupal, se han realizado estudios tanto genéticos (Segura, 2004 y 2011; Lowther, 2006) como de isótopos estables (Díaz-Gamboa, 2003) y craneometría (Vidal-Hernández, 1993), que han permitido diferenciar ambos ecotipos de toninas en el Golfo de California.

El estudio de Díaz-Gamboa (2003) en la Ensenada de La Paz Baja California Sur, con el uso de isótopos estables de carbono y nitrógeno, encontró que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ presentaron diferencias significativas entre los ecotipos costeros y oceánicos, pero no en cuanto al $\delta^{15}\text{N}$. Encontró diferencias significativas en las razones de $\delta^{13}\text{C}$ en la región de la Ensenada de La Paz, las diferencias se centran en que las toninas costeras de la

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Ensenada de La Paz y las toninas oceánicas de la Bahía de La Paz se alimentan de presas que provienen de fuentes de carbono diferentes, es decir, de presas de diferentes ecosistemas.

En cuanto a la diferenciación de la estructura genética poblacional de los ecotipos de toninas a lo largo de la costa oeste de Baja California, Segura (2004) diferenció los dos ecotipos mediante la determinación de su estructura genética con el uso de ADN genómico y comprobó, mediante una relación logarítmica natural entre la profundidad y la distancia, que el ecotipo costero se encuentra en zonas que tienen una profundidad máxima de 60 m y con una distancia a la costa menor a los 20 km.

Con relación al ecotipo oceánico determinó que su hábitat se encuentra en donde los valores de profundidad van desde los 300 m hasta profundidades superiores a los 3,000 m. Además descubrió que las formas costeras y oceánicas no son panmíticas, debido a que no encontró diferenciación genética entre ellos que fuera significativa; sin embargo observó que las toninas oceánicas tienen una mayor diversidad genética que las costeras, por lo que propone que los dos ecotipos en el Golfo de California sean designadas y manejadas como diferentes stocks.

Posteriormente, Segura (2011) encontró evidencias de una fuerte diferenciación genética entre los dos ecotipos de toninas en ausencia de barreras físicas y encontró que los patrones de diferenciación genética para las toninas apoyan la hipótesis de la dependencia del hábitat local y la especialización de los recursos, tanto en la población y el nivel putativo de las especies. Segura (2011) concluyó que la estructura genética de las poblaciones de toninas costeras parece estar asociada a la subdivisión biogeográfica del Golfo de California y a la costa oeste del Golfo de California, lo cual sugiere que el flujo génico entre las poblaciones costeras de toninas puede estar limitado por la dependencia local de diversas condiciones ecológicas.

2.2 Antecedentes de uso de hábitat

Se ha observado que existen factores biológicos y oceanográficos que favorecen la distribución de los mamíferos marinos y en particular de las toninas como lo son la distribución de sus presas, el tipo de fondo y los relieves marinos (Jaquet y Gendron, 2002; Guevara-Aguirre, 2011).

Existen estudios que se han realizado en diversas partes del mundo acerca del uso que realizan las toninas de su hábitat, como el que se realizó en el Golfo Dulce de Costa Rica por Cubero (2007), sobre la distribución y la determinación de las condiciones ambientales asociadas al comportamiento de las toninas y del delfín manchado (*Stenella attenuata*). Cubero (2007) no encontró diferencias significativas en cuanto a la relación de los comportamientos con los factores ambientales, sin embargo observó que en ambas especies, las actividades de alimentación, desplazamiento y merodeo (deambular por cierto lugar) coincidieron con áreas menos profundas en comparación con las actividades sociales. En el caso de las toninas se observó que las actividades de alimentación y merodeo se asociaron a las zonas de menor profundidad mientras que para el delfín manchado, esas características se asociaron a los comportamientos de desplazamiento y merodeo; con relación a la temperatura superficial, las áreas de alimentación de las toninas coincidieron con la menor temperatura promedio en comparación con sus demás actividades y se encontró una asociación de las actividades de alimentación con las desembocaduras de los ríos, debido a la alta productividad de estas zonas que incrementa la cantidad de sus presas.

En el Golfo de México se han realizado diversos estudios acerca del uso de hábitat de los mamíferos marinos y se ha observado que las variables ambientales que moldean principalmente su distribución son: la profundidad, la distancia a la costa, los bajos niveles de oxígeno disuelto, la distancia hasta el borde de una zona hipóxica y la densidad de sus

presas (Good *et al.*, 2006). En las costas de Veracruz, Martínez-Serrano *et al.* (2011) realizaron un estudio para determinar el ámbito hogareño de las manadas de toninas costeras de la zona centro-norte de Veracruz durante tres años de muestreo, en donde observaron 275 individuos congregados en 85 manadas de toninas. Las manadas se encontraron en promedio a 2.5 km de la costa y con una profundidad menor a 20 m. Durante este estudio, la abundancia relativa de toninas varió entre 0 y 144 toninas/hora navegada ($\bar{x} = 4.53 \pm 14.3$, $n= 70$) y no se encontraron diferencias entre las temporadas climáticas. Para delimitar el ámbito hogareño, Martínez-Serrano *et al.* (2011) identificaron cinco áreas núcleo, que coinciden con áreas protegidas legalmente y de las cuales proponen asegurar una protección a largo plazo de sus ecosistemas y de las especies que contiene. Dichas áreas correspondieron a diferentes temporadas climáticas (una zona para secas, dos para nortes y dos para lluvias).

En otro estudio en la Laguna de Términos, Guevara-Aguirre (2011) documentó una relación entre la presencia de toninas y los factores ambientales de la laguna, durante el periodo comprendido de enero de 2004 a noviembre de 2008. La Laguna de Términos es una laguna costera que tiene un aporte de agua dulce muy importante por la desembocadura de varios ríos de diferentes cuencas hidrológicas en el cuerpo lagunar, y que su profundidad promedio es de cuatro metros por lo que es una laguna somera. Guevara-Aguirre (2011) midió once variables ambientales en los lugares con presencia de toninas y en los lugares con ausencia de toninas (estaciones), se reportó que los lugares en donde se encontraban las manadas de toninas presentaban una mayor distancia a la desembocadura del Río Palizada (25.22 ± 15.69 km), con fondos arenosos, una mayor profundidad (4.27 ± 2.66 m) y una visibilidad menor (0.222 ± 0.153 m). En este estudio se evidenció que estas características favorecen la presencia de presas de las toninas, por lo

que la distribución de las toninas estuvo determinada indirectamente por la distribución de sus presas.

En el Golfo de California y en particular en las costas de Sonora, Ballance (1992) estudió los patrones del uso del hábitat de las toninas costeras de Bahía Kino en la costa central de Sonora y registró los comportamientos de las toninas durante la primavera, verano y otoño de 1984 en donde encontró que las manadas no se distribuyeron dentro de toda su área de estudio. Los lugares donde las manadas se encontraron fueron zonas con baja profundidad, con alta turbidez y fondos arenosos. La mayoría de las manadas de toninas se encontraron a menos de 5 km de la línea de costa, en lugares cercanos a las bocas de los esteros; en estos lugares el comportamiento más frecuente fue el de alimentación, seguido por el de tránsito (Ballance, 1992). En comparación, solo tres grupos fueron registrados más lejos de los 5 km de la línea de costa en donde predominan aguas claras con profundidades mayores a los 10 m. En este lugar el comportamiento más frecuente fue el de tránsito, solo una baja proporción de delfines presentó el comportamiento de alimentación mientras que los comportamientos de socialización y descanso presentaron el mismo porcentaje de aparición (Ballance, 1992).

En la Bahía de San Jorge, en el Alto Golfo de California, Orozco (2001) realizó un estudio del uso del hábitat de las toninas de esa región y de su relación con las mareas durante un año de muestreo. La autora observó una residencia estacional, siendo la temporada de invierno la más productiva en el número de toninas avistadas, posiblemente debido a la alta disponibilidad de alimento. Esta zona se caracteriza por presentar surgencia durante el invierno. En cuanto a la relación de las toninas con la marea (que son muy amplias en la zona), Orozco (2001) no encontró una relación entre las corrientes mareales y la distribución y la abundancia de las toninas. Esta relación se ha sugerido debido a que el desplazamiento a favor o en contra de la corriente puede reflejar una

estrategia de eficiencia en la alimentación para las toninas, debido a que obtienen a sus presas de una manera más fácil cuando son arrastradas por estas corrientes.

En la Bahía de las Guásimas en Sonora, Gallo-Reynoso *et al.* (2006) realizaron un estudio de distribución y del área de acción de la población de toninas costeras, en donde reportaron que el tamaño de grupo promedio fue de 21.7 ± 20.5 individuos. Del total de individuos observados (291 individuos), determinaron que el 25% eran hembras, 15% crías, 29% juveniles, 9% machos y 22% adultos sin determinación de sexo. En este estudio propusieron que la población de toninas es residente en la zona estudiada, que comprende desde el estero Los Algodones al sur hacia la Bahía de las Guásimas al norte, abarcando un área de 32 km aledaños a la línea de costa. Gallo-Reynoso *et al.* (2006) observaron con relación a los desplazamientos locales, que las manadas se mueven diariamente en una misma dirección de sur a norte. También determinaron algunos movimientos causados por la marea en esta zona (marea semi-diurna, con una amplitud aprox. de 1.5 m y picos desfasados). Estas mareas influenciaron la presencia de las manadas de toninas y sus desplazamientos a micro-escala (*i.e.* las manadas se encontraban principalmente en los esteros, en las bocas de los esteros y en la costa cercana con la marea más alta, tendiendo a alejarse de la costa con las mareas más bajas).

En la Bahía de Agiabampo, ubicada entre los estados de Sonora y Sinaloa, se realizó un estudio poblacional de las manadas de toninas por Patiño-Valencia *et al.* (2008) entre 1995 y 2001. Durante este tiempo registraron 124 avistamientos de manadas y un total de 1,152 toninas. El comportamiento más utilizado durante el estudio fue el de tránsito (29%), seguido de la alimentación (22.6%). Con relación a la abundancia poblacional, que fue obtenida con el estimador de Lincoln, se obtuvo un valor de 2,897 individuos ± 603.17 y se observó que la mayoría de las toninas se encontraba cerca de la boca del estero de Agiabampo en donde la profundidad varió entre los 3.5 m y los 13 m, con una temperatura

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

promedio del agua de 26.9°C. Es posible que la presencia de toninas en esta zona se deba a que se ha observado la entrada de peces de mar abierto, lo que genera una elevada proporción de alimento que es aprovechada por las manadas de toninas.

Pardo (2009) estudió las condiciones fisicoquímicas y biológicas que modularon la distribución y la abundancia de cetáceos en la Cuenca Alfonso, que es una depresión pelágico-costera que conforma la parte más profunda de la Bahía de la Paz. En esta investigación, las toninas se encontraron durante casi todo el estudio, que abarcó de 2007 a 2008. Los únicos meses en donde no se encontraron toninas fueron los meses de febrero y diciembre de 2007, los cuales se caracterizaron por tener una alta salinidad con valores de (>35 y 35.2 UPS respectivamente); adicionalmente el mes de febrero de 2007 fue una de los meses más fríos, registrando una temperatura de 19°C. Los periodos más importantes en donde se encontraron las manadas de toninas fueron la primavera y el verano (abril y junio), en donde se encontró la mayor cantidad de toninas a finales del primer periodo de estratificación cuando la temperatura del agua era de 23°C y se mantuvo durante todo el periodo de surgencia, lo cual sugiere que las manadas de toninas aprovecharon la disponibilidad de presas cercanas a la base de la red trófica.

En la Ensenada y la Bahía de la Paz, Marcín-Medina (2010) realizó un estudio en donde analizó el uso del hábitat de las toninas costeras, relacionando la distribución de las manadas con los factores ambientales y antropológicos, encontrando que existe un cambio de uso del hábitat entre las estaciones del año, el cual se incrementó en la primavera y el verano, y disminuyó durante el otoño y el invierno, encontrando un promedio mayor del número de toninas en el verano. El comportamiento más frecuente presentado por las toninas durante todo el año fue el de tránsito, seguido de la alimentación, la socialización y el descanso; este estudio destaca zonas específicas en donde las manadas de toninas se alimentaron durante cada estación climática.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Cuando Marcín-Medina (2010) relacionó los tipos de comportamiento con las variables fisiográficas del lugar, encontró que la ruta de desplazamiento de las toninas se da en lugares con baja profundidad (≤ 6 m) y con predominancia de sustratos arenosos; también encontró una relación de dependencia de la conducta de alimentación con los vientos dominantes del sur durante las estaciones de primavera y verano, mientras que durante las estaciones climáticas de otoño e invierno lo hicieron con los vientos del norte. Finalmente Marcín-Medina (2010) analizó el uso de hábitat de las toninas de La Paz utilizando un modelo aditivo generalizado (GAM's), los resultados que arrojó este análisis es que las toninas se alimentan al encontrar una ligera disminución en la temperatura, en zonas más someras y con una preferencia por las zonas que cuenten con corrientes de marea. La profundidad promedio a la que se encontraron las toninas durante la primavera fue de 5 m, encontrando diferencias significativas con las otras estaciones climáticas, mientras que el comportamiento de descanso se encontró con mayor frecuencia durante el otoño en donde la temperatura del agua es cálida dentro de un rango de 25°C a 27°C.

Marcín-Medina (2010) encontró una relación entre la marea y el comportamiento de las toninas, observó que las toninas presentaron un patrón de movimientos diurnos, en donde las toninas entraban a la Ensenada de La Paz durante las primeras horas del día formando grupos y ya una vez adentro de la Ensenada se dispersaban y se alimentaban individualmente, esto ocurría en las mareas vivas, mientras que con las mareas muertas las toninas entraban a la Ensenada combinando el desplazamiento con la alimentación.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California (GC) es una cuenca marina alargada, limitada al oeste por la península de Baja California, al este por el macizo continental y al norte por la desembocadura del Río Colorado. Este presenta una longitud de 1,600 km con una anchura máxima de 205 km aproximadamente a la altura de Cabo Pulmo (**Figura 5**). El GC cuenta con una superficie marina de 283,000 km² (incluidas las islas) y en algunos sitios del sur del Golfo y en la boca del Golfo, alcanza profundidades de 3,600 m o más, mientras que en el Alto Golfo la profundidad es somera, entre 50 a 20 m. por lo que el Golfo tiene una pendiente ascendente hacia el Alto Golfo (Álvarez Borrego, 2002; CONANP, 2000). La costa este del golfo se caracteriza por largas regiones de playas de arena, grandes lagunas costeras, bahías abiertas con fondos lodosos y una amplia plataforma continental. En la porción sur se presentan grandes cantidades de ingreso de agua dulce provenientes de las cuencas hidrológicas de la Sierra Madre Occidental (Lluch-Cota *et al.*, 2007). En cambio la costa oeste se caracteriza por ser en su mayoría de tipo rocoso con pocas playas extensas y de tipo de canto rodado y algunas playas arenosas de considerable extensión como en la Bahía de La Paz (De la Lanza-Espino, 2004).

El GC se caracteriza por la heterogeneidad de las condiciones oceanográficas. Debido a esas diferencias se ha sugerido una subdivisión en cuatro regiones con base en la estructura vertical termohalina de dichas regiones, las cuales son: Golfo Norte, Región de las Grandes Islas, Golfo Central y Golfo Sur o boca del Golfo (Roden y Emilsson, 1979; Álvarez-Borrego 1983). Debido a esta heterogeneidad al GC se le considera como uno de los mares más dinámicos y productivos en México, debido a que cuenta con tres mecanismos principales de fertilización de las aguas superficiales: las surgencias inducidas por el viento, la mezcla producida por el cambio semidiurno de las mareas, y por la circulación termohalina (Álvarez-Borrego, 2002).

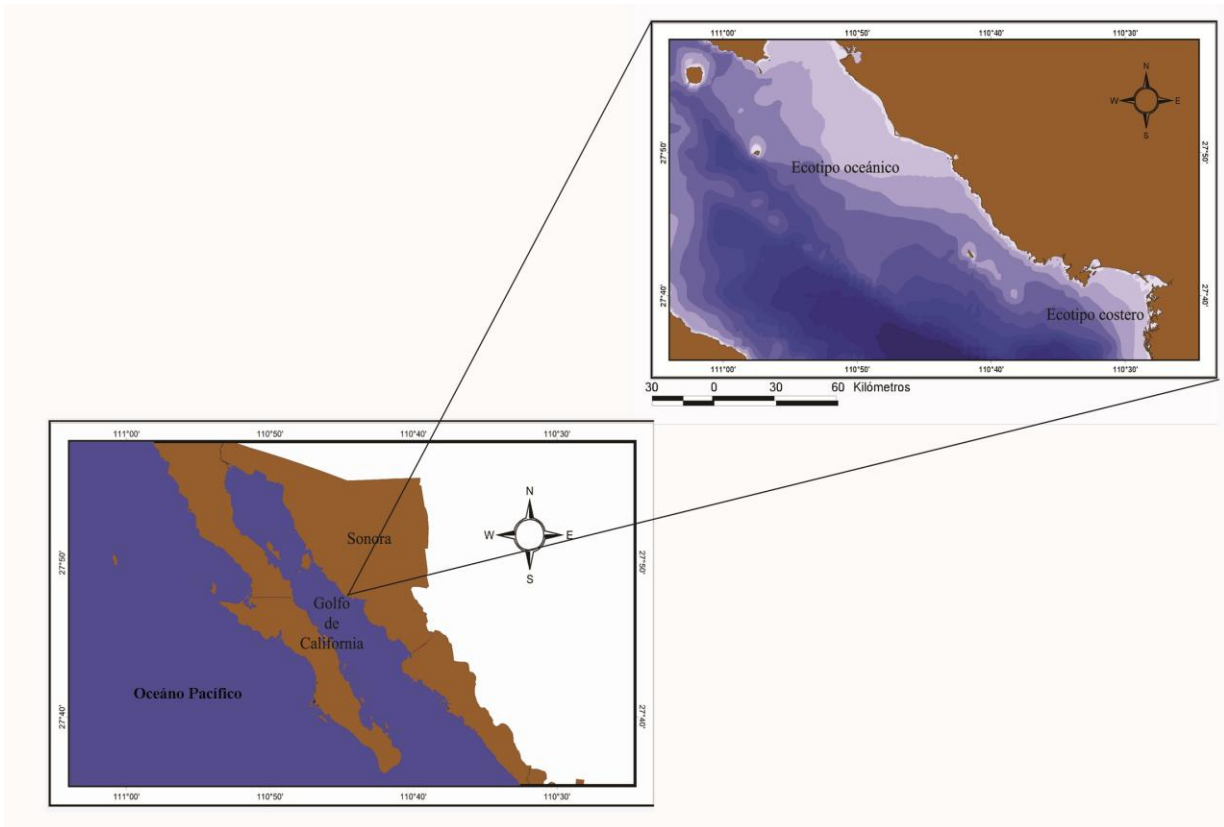


Figura 5. Área de estudio, Golfo de California.

Los vientos en el GC son variables durante el año. En el invierno y la primavera los vientos del noroeste prevalecen produciendo surgencias en la costa este del GC y en la costa oeste durante el verano con la aparición de los vientos del sureste, pero son más difusas que en las otras estaciones (Segura, 2011). Estas zonas de surgencia en el golfo provocan una de las más importantes concentraciones de nutrientes (Álvarez-Borrego *et al.*, 1978), que tienden a incrementarse a partir de la boca hacia la porción norte. En la región sur la distribución y concentración de los nutrientes es más parecida a la de aguas abiertas (Álvarez-Borrego y Lara-Lara 1991; Douglas *et al.*, 2007). Debido a las características climáticas del verano el GC es una cuenca de evaporación, ya que la tasa de evaporación es superior a la tasa de precipitación (Berón-Vera y Ripa, 2002). La evaporación en la región del norte conduce a la formación de agua hipersalina, que se hunde por densidad y fluye hacia el sur (Bray, 1988).

3.1 Bahía de las Guásimas (toninas costeras)

Para caracterizar el hábitat de las toninas costeras del GC se muestreó en la Bahía de las Guásimas (**Figura 6**) que se encuentra localizada a los 27° 50' N y 110° 35' W que junto con los sistemas lagunares que se encuentran adyacentes a la bahía, comparten su origen en la llanura deltaica del Río Yaqui. La batimetría y la forma son variables, la geomorfología es la de un valle inundado y se presenta principalmente a lo largo de planicies costeras anchas y de bajo relieve (Gallo Reynoso *et al.*, 2006). El clima predominante de la zona es muy seco, subtipo seco cálido (BW(h')hw), con lluvias de verano, con una precipitación invernal de 5 a 10.2% y con una temperatura media anual de 24.7°C. La precipitación total anual es de 1204.5 mm; el mes con menor precipitación es marzo con 28.7 mm; mientras que el mes con mayor precipitación es junio con 202.2 mm.

El estero, Bahía de las Guásimas y sus aguas adyacentes, son una importante zona pesquera, en donde se practica la pesca intensiva y extensiva de camarón (*Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei*), jaiba (*Callinectes bellicosus* y *C. arcuatus*), roncacho (*Umbrina roncadora*), pargo (*Lutjanus novemfasciatus*), cochito (*Balistes polylepis*), lenguado (Paralichthyidae), peces pelágicos como el mero (*Mycteroperca* sp.), la sierra (*Scomberomorus sierra*), el jurel cola amarilla (*Seriola lalandi*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*), así como la pesquería de tiburones y rayas, y de peces de laguna como las lisas (*Mugilidae*), las corvinas (*Cynoscion* sp.) y las mojarras (Gerridae) (Gallo Reynoso, *et al.*, 2006). La laguna de las Guásimas presenta una riqueza de peces de 71.9% siendo mayor que la de muchas lagunas del estado de Sonora y Baja California, encontrando 95 especies de peces, principalmente de fondos blandos y ambientes tropicales que utilizan los esteros de la laguna como zonas de protección, alimentación y crianza (Padilla-Serrato, *et al.*, 2016).

Esta zona generalmente presenta gradientes hipersalinos, sin embargo se pueden encontrar salinidades normales (36-37 ‰). En la época de lluvias existe salida de agua del Río Yaqui, en la temporada de lluvias extremas (tormentas tropicales y ciclones del Pacífico) se pueden encontrar gradientes hiposalinos, típicos de los estuarios (Gallo Reynoso *et al.*, 2006). La Bahía de las Guásimas es una zona somera, las profundidades varían de 1.8 a 2.5 m, en la boca presenta canales de 5 m. La boca tiene una longitud de 3.9 km de ancho que conecta a la bahía con el GC. La zona costera de Las Guásimas presenta una serie de lagunas costeras y barras de arena con varios esteros como el de Los Algodones, Las Cruces, La Luna, La Tortuga y el de Bahía Lobos, y otros de menor tamaño que son parte del antiguo delta del Río Yaqui (**Figura 6**).

Según el criterio de Lankford (1977) se ha caracterizado a este complejo lagunar y estuarino como perteneciente al Tipo III-A, (*i.e.* de sedimentación terrígena diferencial y depresión intradeltáica y marginal). Se clasifica como de sedimentación terrígena diferencial porque son depresiones formadas por procesos no marinos durante el descenso del nivel del mar, inundadas por la trasgresión del Holoceno, con presencia de barreras arenosas y se localizan en la provincia fisiográfica de la zona desértica de Sonora.

Las estuarios son cuerpos de agua de transición entre el mar y el continente, protegidos por una típica barra de arena, en los que existe una intensa actividad hidrodinámica ocasionada, entre otras cosas, por la permanente influencia del mar y la intervención temporal fluvial, pudiendo ocurrir en relativamente poco tiempo cambios en su forma, en su batimetría y en la distribución de sus sedimentos (Gallo Reynoso *et al.*, 2006).

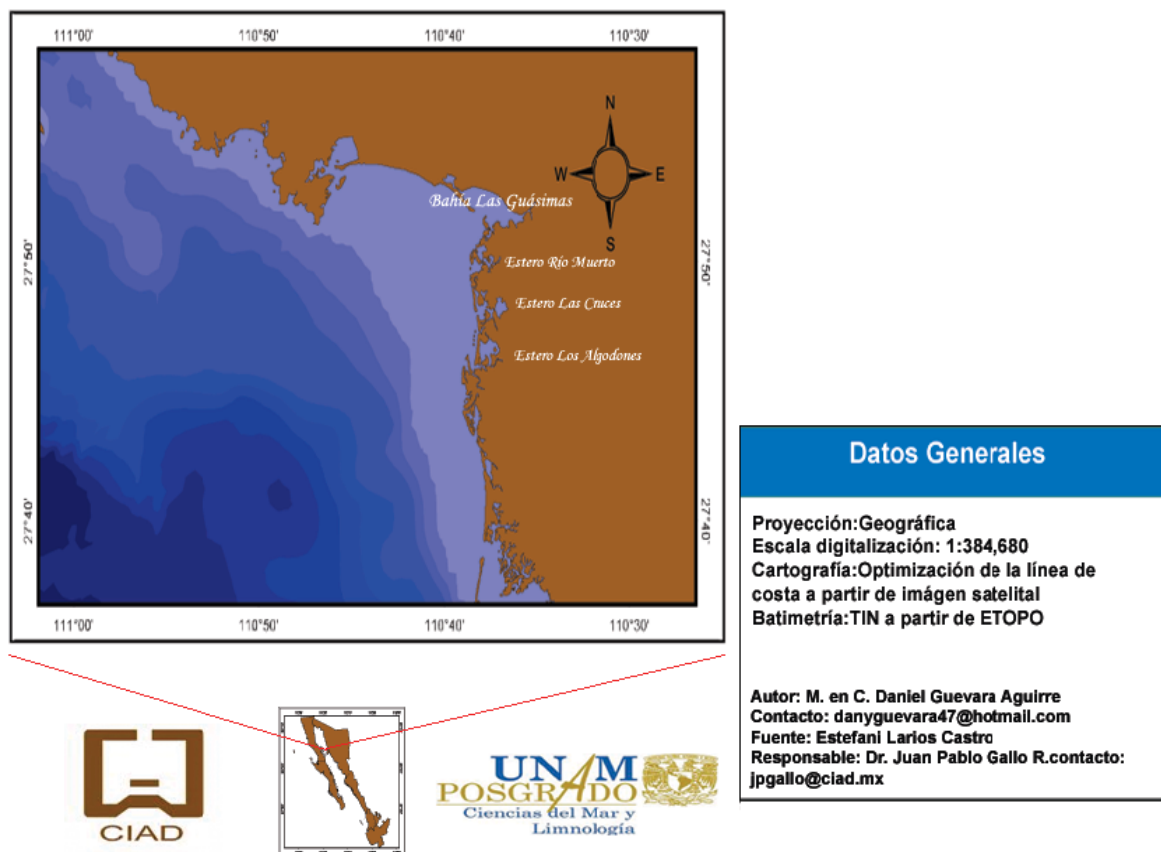


Figura 6. Área de estudio de las toninas costeras, Bahía de las Guásimas.

La Laguna Los Algodones recibe, durante la mayor parte del año, agua dulce proveniente del Río Yaqui que trae consigo una alta cantidad de sólidos en suspensión y es considerada como una importante fuente sedimentaria; finalmente, la Laguna de Bahía Lobos es receptor de las aguas contaminadas (por uso agrícola) de los drenes colectores del Valle del Yaqui, los cuales aportan sólidos que ocasionan azolvamiento, principalmente en las áreas de descarga (Villalba *et al.*, 1990)

3.2 Cuenca de Guaymas (toninas oceánicas)

Para caracterizar el hábitat de las toninas oceánicas del golfo central se muestreó la porción oeste de la costa de Guaymas. En el área de la Cuenca de Guaymas, los muestreos se realizaron principalmente en los alrededores de la Isla San Pedro Nolasco, la cual pertenece al Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California y en el

espacio marítimo que va de la Isla San Pedro Nolasco hasta la Isla San Esteban en la Cuenca de Guaymas y Cuenca de San Pedro Mártir (**Figura 7**).

La Isla San Pedro Nolasco pertenece a la región de Guaymas, dicha isla se encuentra localizada en la porción central de la zona marina del GC localizada a los 27° 58' N y 111° 25' W, a unos 30 km al noroeste de Guaymas y a 14.6 km del oeste de la Bahía de San Pedro; el canal que separa la isla del continente tiene una profundidad máxima de 293 m (Murúa, 2007).

El clima del GC ha sido descrito como del tipo monzónico prevaleciendo vientos fuertes provenientes del noroeste durante el invierno y hasta principios de primavera, durante el verano (época de lluvias) y principios de otoño, los vientos son débiles y provenientes del sureste (Roden y Groves, 1959). Este patrón de vientos influencia a las corrientes superficiales, por lo que la circulación superficial del GC es predominantemente estacional (Roden, 1964) en promedio, el agua entra durante primavera y verano, y sale durante el otoño y el invierno (De la Lanza-Espino, 1991).

Durante el invierno, las diferencias de temperatura entre las aguas superficiales y las aguas profundas son menores, por lo tanto también la estratificación; en esta temporada se presenta un flujo geostrófico predominante con dirección hacia el sureste, justamente cuando los vientos soplan del noroeste, paralelos a la costa oriental del golfo ocasionando un transporte neto de las aguas superficiales hacia afuera de la costa, por lo que las isotermas, las isohalinas y las líneas de igual concentración de oxígeno en las capas superficiales tienden a irse incrementando hacia la costa oriental (Maluf, 1983), producto de las fuertes surgencias que se presentan en la parte continental, provocando un enriquecimiento de nutrientes en la columna de agua, que es aprovechado por el fitoplancton (Santamaría-Del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994). Esta surgencia también genera un incremento de menor intensidad en la productividad de la costa occidental,

debido a la circulación en forma de remolinos que acarrea las aguas de surgencia de este a oeste (Emilsson y Alatorre, 1997).

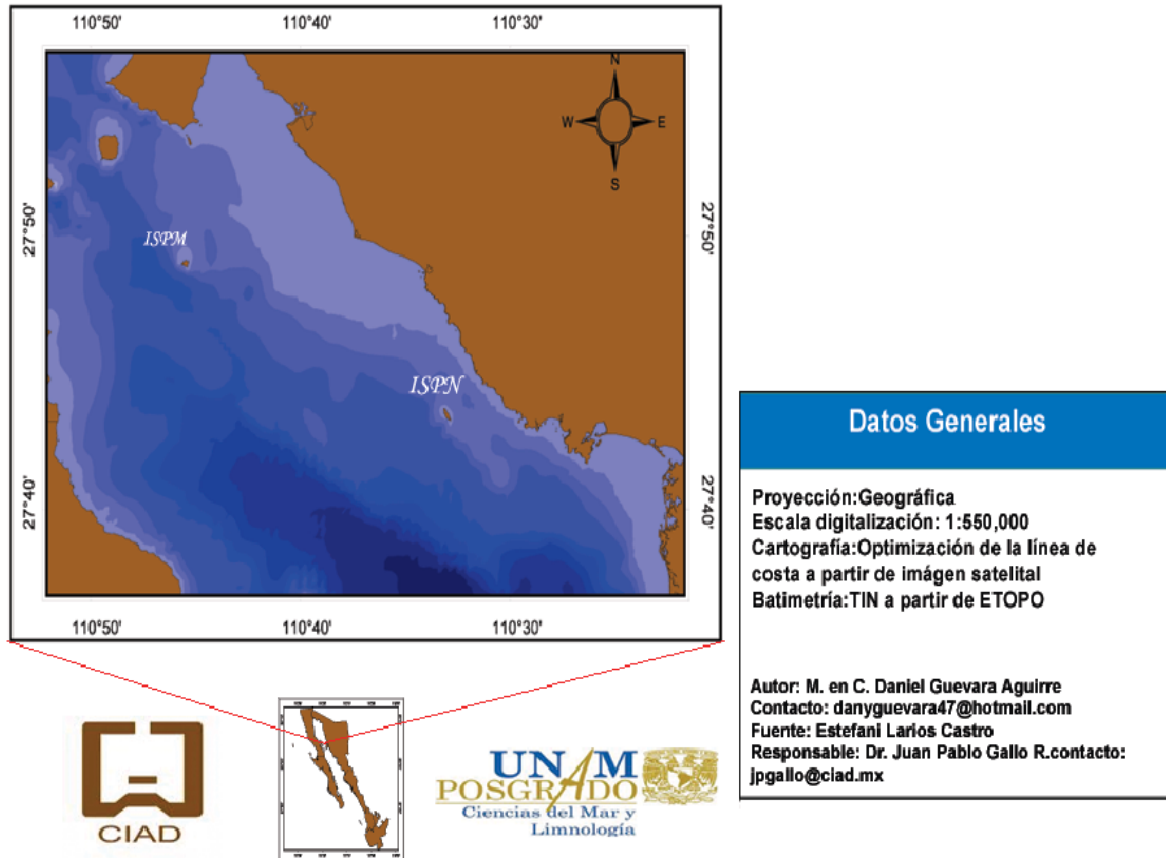


Figura 7. Localización de la Isla San Pedro Nolasco e Isla San Pedro Mártir en el Golfo de California que servirá para determinar el hábitat de las toninas oceánicas.

Durante el verano (época de lluvias) y principios del otoño la circulación del flujo geostrofico se invierte y coincide con la circulación generalizada del golfo para esa época. Durante esta temporada los vientos son débiles y provenientes del sureste, permitiendo que el agua superficial del Pacífico Oriental Tropical que es caliente y oligotrófica, penetre en el golfo por lo menos hasta la región de las grandes islas (Roden y Groves, 1959; Bray y Robles, 1991), generando una surgencia en el lado peninsular con efectos más débiles sobre el fitoplancton, debido a que en el verano el agua se encuentra mucho más estratificada, ya que las aguas superficiales son calentadas con el intenso calor y es más difícil homogeneizar la columna de agua, lo que se traduce en el agotamiento de nutrientes por encima de la termoclina, que es menos profunda (Santamaría-Del-Ángel y Álvarez-

Borrego, 1994; Thunell, 1998). Estos cambios estacionales afectan las temperaturas superficiales, la capa de mezcla y la productividad primaria (Thunell, 1998), sugiriendo una relación inversa entre la temperatura superficial del mar y la productividad primaria, similar a lo reportado para la región de la corriente de California (Lara-Lara *et al.*, 2007).

4. HIPÓTESIS

Existen factores ambientales que propician la especialización del uso de ciertos recursos, generando una diferenciación conductual de los individuos de acuerdo con el uso que realizan de los diferentes hábitats. Este estudio propone que el hábitat de cada ecotipo de toninas, costero y oceánico, se encuentre caracterizado principalmente por la profundidad, la temperatura, la salinidad, el tipo de sedimento y la productividad primaria. Tales variables ambientales diferenciarán la distribución, el hábitat y su uso por parte de cada uno de los ecotipos de toninas de las costas de Sonora, apoyando la hipótesis del hábitat local.

La presencia de las toninas costeras ocurrirá en lugares cercanos a la desembocadura de los esteros del Delta del Río Yaqui, lugares con mayor profundidad, con baja salinidad, y con alta turbidez; mientras que la distribución de las toninas oceánicas se espera que ocurra en lugares profundos a partir de la plataforma y talud continental, en zonas con una profundidad mayor a los 200 m y que presenten una alta complejidad en el relieve del fondo.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Relacionar las características fisiográficas y oceanográficas de la Cuenca de Guaymas, Sonora, en el Golfo de California, con el uso del hábitat de dos ecotipos de toninas (*Tursiops truncatus*): costero y oceánico; así como caracterizar el hábitat de los dos ecotipos de toninas que habitan en la Cuenca de Guaymas entre septiembre 2012 y septiembre 2013.

5.2 Objetivos particulares

- ❖ Analizar la estacionalidad en el número de manadas e individuos de los dos ecotipos de toninas de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California.
- ❖ Analizar si la hora del día influye en el comportamiento de los ecotipos de toninas de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California
- ❖ Analizar el uso del hábitat de los ecotipos costero y oceánico de las toninas de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California.
- ❖ Identificar cuáles de las 10 variables son las que caracterizan y favorecen la presencia de los ecotipos costero y oceánico en la Cuenca de Guaymas, Golfo de California.

6. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de los recursos naturales renovables que posee un área, es indispensable para su utilización racional y su protección. A los mamíferos marinos se les ha catalogado como especies carismáticas y de gran importancia económica ya que han sido utilizados para el consumo humano de manera directa o indirecta (por ejemplo, como carnada para la captura de tiburón), para la obtención de su grasa corporal, y en delfinarios para hacer nado con delfines y visitas guiadas en centros eco-turísticos (Ruíz Boijseauneau, 1995). Además tienen un papel preponderante como consumidores secundarios, importadores-exportadores de energía entre las diferentes profundidades del océano (Day *et al.*, 1989). Por lo anterior, este estudio pretende caracterizar el hábitat y definir el uso de hábitat de dos ecotipos de toninas (costeros y oceánicas) mediante el uso de modelos lineales generalizados, así como la obtención de áreas con un potencial alto para mantener a una población viable, dentro de un enfoque ecosistémico.

7. METODOLOGÍA

7.1 Toma de datos

Las salidas a las zonas de estudio se realizaron durante un año calendario para cubrir las cuatro estaciones climáticas que prevalecen en la zona (primavera, verano, otoño e invierno). En estas salidas se hizo la toma de datos de las variables ambientales de los dos ecotipos de toninas.

Los recorridos a la zona costera se llevaron a cabo de las 06:00 de la mañana a las 15:00 horas aproximadamente, saliendo del poblado costero de Las Guásimas en pangas de fibra de vidrio de siete metros de eslora, equipadas con un motor fuera de borda de 60-75 HP, en las que se transportó el equipo oceanográfico. Los recorridos y búsqueda de las toninas oceánicas también se efectuaron en el mismo horario, y en una embarcación similar saliendo del pueblo de La Manga a excepción de las salidas de campo de mayo, julio y septiembre (cuatro salidas) el recorrido se realizó en una embarcación tipo yate de 15m de eslora, comenzando las observaciones de las 06:00 de la mañana hasta que la luz del sol permitió la búsqueda de los animales, en esta embarcación se incrementó la posibilidad de visualizar a las toninas debido a la altura de observación (aprox. 3 a 4 msnm).

Las embarcaciones fueron guiadas utilizando un geo-posicionador y se controló la velocidad de desplazamiento de la embarcación, las navegaciones tuvieron como objetivo primordial ubicar a las manadas de toninas con el fin de obtener su localización geográfica y muestrear los valores ambientales de su hábitat. Durante los recorridos dentro de las dos zonas de estudio se hizo la búsqueda específica de las manadas de toninas, sin uso de transectos lineales ya que la metodología se basa en el encuentro con la especie y el acompañamiento de los individuos para su identificación y el registro de su comportamiento.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Las observaciones, fueron realizadas por dos o tres personas que se encontraban equipadas con binoculares con una potencia de 10 x 50, a una altura aproximada de 2 a 4 msnm. También se tomaron datos para considerar el esfuerzo realizado, tales como la hora al inicio y final del recorrido, además de la hora a la que se interrumpía y reanudaba la búsqueda de manadas de toninas, esto se realizó para tomar en cuenta solamente el tiempo real de búsqueda de toninas. Inmediatamente que se localizaba a una manada, la embarcación se dirigió hacia la zona, aproximándose a baja velocidad para no interferir con el comportamiento y se permaneció a una distancia aproximada de 50 m de las toninas, posteriormente se determinó un grupo focal, que se define como un grupo de toninas en aparente asociación, moviéndose en una misma dirección y realizando la misma actividad (Shane, 1991).

Una vez que se definieron la cantidad de grupos focales se registró en tablas previamente diseñadas, la posición geográfica de la embarcación (tomada con un GPS), el número de avistamiento, la hora de inicio y la hora final del avistamiento, así como todos los acontecimientos que sucedieron en el encuentro con las manadas. Al estar en compañía de las manadas se determinó las características intrínsecas de las manadas como: el número de individuos que se encontraban en la manada, el estadio de desarrollo con base en la talla (adultos, juveniles y crías, considerando a un juvenil como un individuo de un medio a tres cuartos del tamaño de un adulto y la cría como un individuo de un tercio del tamaño de un adulto) y el tipo de comportamiento que se encontraban realizando los individuos de las manadas (alimentación, descanso, tránsito y social).

Después de medir las características de las manadas, la embarcación se detuvo y se midieron las variables oceanográficas; seis parámetros fueron medidos *in situ* con equipos especializados para cada variable (profundidad, color del mar, transparencia del

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

agua, estado del mar (escala Beaufort), la salinidad y la temperatura superficial, y cuatro variables en el laboratorio (la concentración de clorofila, la distancia a la costa, la pendiente del fondo, la densidad del agua) por lo que en total se midieron diez parámetros oceanográficos en la presencia de ambos ecotipos de toninas.

Las variables a medir fueron seleccionadas debido a que en el GC se ha observado que son las más importantes para determinar la aparición de peces que se convierten en presas potenciales de las toninas y que por lo tanto determinan de manera indirecta la distribución de los mamíferos marinos (Ballance, 1992; Patiño *et al.*, 2008; Pardo 2009; Marcín-Medina, 2010; Guevara-Aguirre, 2011; Martínez-Serrano *et al.*, 2011).

La profundidad se midió con una ecosonda (Furuno-GPS 1850WF dual de 50 – 200 kHz con profundidad máxima de 2000 m) para la zona oceánica y una ecosonda manual (Humminbird Wide-Vision. Techsonic Industries Inc. Eufaula Alabama, con profundidad máxima de 200 m) para la zona costera, el color del mar se midió con un colorímetro LaMotte (5907) que utiliza la escala de Forel-Ule, esta escala determina aproximadamente el color de un cuerpo de agua, se utiliza principalmente en Limnología y Oceanografía a través del color, evalúa la transparencia de las aguas y las clasifica de acuerdo a su nivel bruto de actividad biológica; esta escala se subdivide en dos, la primera se denomina gama baja o escala focal y corresponde a los números del 1 al 11 y son colores azulados y verdosos, y corresponden a colores principalmente de mar abierto y costero; mientras que la segunda categoría se le denomina exclusiva o escala Ule y va del 11 al 21, perteneciendo los colores verdes y marrones propios de aguas turbias y eutróficas, con una gran cantidad de diatomeas que corresponde a zonas costeras y deltas de ríos (Aguirre, 2002). La transparencia del agua se midió con un disco de Secchi, la salinidad se midió con un refractómetro marca Vista A366ATC (0-10% Sal.), la temperatura superficial se midió con un multi-parámetro marca HANNA (modelo HI9828) y el estado del mar se

estimó con la escala de Beaufort, dicha escala es una medida empírica que utiliza la velocidad del viento (que fue medida con un anemómetro manual), la cantidad de espuma presente sobre la superficie del mar y el tamaño de las olas (Huler, 2004).

Es importante mencionar que el estado del mar es una variable importante debido a que los valores altos en esta escala indican olas más altas y por lo tanto existe una menor probabilidad de encontrar a las toninas debido a la poca visibilidad que ocasionan las olas y a las dificultades propias del ambiente para navegar, esta variable siempre fue estimada por la misma persona para evitar sesgos en la estimación. Todos los instrumentos fueron calibrados antes de cada salida.

Con respecto a las variables que fueron obtenidas en el laboratorio; la distancia a la costa se obtuvo utilizando la posición geográfica de las manadas de toninas en una imagen satelital y se utilizó el programa de sistema de información geográfica ArcView GIS 3.2 para Windows, esta variable se utilizó para determinar si la presencia de toninas se encontraban en la plataforma continental o en el talud, como manera de diferenciar a las toninas costeras de las oceánicas.

Para el levantamiento batimétrico se utilizó la base de datos de ETOPO1 Global relief model proporcionado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y se le añadieron los datos obtenidos en la ecosonda (Furuno-GPS) para realizar el levantamiento batimétrico de la Cuenca de Guaymas (Pérez y Sosa, 2014) y utilizando el ArcView GIS 3.2 para Windows se pudieron generar los mapas batimétricos y obtener la pendiente del terreno de las zonas de estudio. Los datos de clorofila *a*, fueron obtenidos mediante imágenes satelitales de fuentes como la NASA que muestran la concentración de clorofila (mg/m^3), la densidad del agua se obtuvo con un convertidor en línea (*easycalculation.com*) que utiliza la temperatura y la salinidad del agua, que son valores que se midieron *in situ*, para generar valores de densidad del agua (kg/m^3).

7.2 Número de salidas por ecotipo

Para analizar el uso de hábitat de las dos poblaciones de toninas, los datos fueron recolectados durante un año, que corresponden a las cuatro temporadas climáticas que se presentan en la zona (primavera, verano, otoño e invierno), para el caso de las toninas costeras las salidas se llevaron a cabo del otoño del 2012 al verano de 2013 y se realizaron tres salidas por estación climática, a excepción del invierno de 2013 en donde se realizaron cuatro salidas debido a que una salida no se pudo completar por factores meteorológicos, por lo que fue necesario repetirla. Las salidas para las toninas oceánicas se realizaron durante el otoño de 2012 y el invierno de 2013 se presentaron dificultades que impidieron tener el número completo de salidas para dichas estaciones, por lo que se decidió que lo más adecuado era tener un año completo de muestreos, iniciando en la primavera del 2013 y finalizando en el invierno de 2014 y debido a que existían pocos datos de avistamientos se decidió añadirle días de muestreo (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Número de salidas realizadas a las dos zonas de estudio, indicando el año y la temporada climática en la que se muestreo.

COSTERAS		OCEÁNICAS	
Estación Climática	# Salidas	Estación Climática	# Salidas
Otoño 2012	3	Primavera 2013	4
Invierno 2013	4	Verano 2013	5
Primavera 2013	3	Otoño 2013	4
Verano 2013	3	Invierno 2014	3
Total	13	Total	16

7.3 Análisis de datos

Durante este estudio se llevaron a cabo diferentes análisis para estudiar la abundancia relativa, la estacionalidad, el uso de hábitat y la caracterización del hábitat de los dos ecotipos de toninas durante un año de trabajo. Para obtener dichos análisis se procesaron los datos por separado, por lo que se generaron dos bases de datos, una para el ecotipo costero y otra para el ecotipo oceánico, en donde se integraron los datos de los avistamientos de toninas obtenidos de las salidas de campo.

7.3.1 Abundancia relativa

Para cuantificar la abundancia relativa de los dos ecotipos de toninas de todo el estudio, se realizó una estandarización de la abundancia al considerar al esfuerzo realizado, como el número de horas navegadas durante la búsqueda de toninas. Dicha ponderación del esfuerzo utilizó solamente el tiempo efectivo de navegación en actividad de búsqueda, por lo que se eliminó el tiempo que se ocupó durante el seguimiento de las manadas y conteo de los individuos de toninas, así como de cualquier otra actividad no relacionada con la búsqueda de manadas. Para la obtención del índice de la abundancia relativa (IAR) de todo el estudio tanto de los individuos como de las manadas, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{índice de abundancia relativa} = \frac{\# \text{ de individuos de cada ecotipo}}{\text{Horas de esfuerzo}}$$

$$\text{índice de abundancia relativa} = \frac{\# \text{ de manadas de cada ecotipo}}{\text{Horas de esfuerzo}}$$

Dichas ecuaciones se calcularon para la cantidad total de individuos y de manadas observados durante todo el estudio para cada ecotipo de tonina y también por cada estación climática.

7.3.2 Distribución y estacionalidad de los ecotipos de toninas

Para analizar la distribución de los dos ecotipos de toninas se generaron mapas con la distribución Kernel para mostrar la densidad de las manadas de toninas, y de esta manera ubicar las áreas más utilizadas. Para definir si existía estacionalidad se obtuvo la abundancia relativa (IAR) por estación climática y para cada ecotipo, para después efectuar análisis estadísticos descriptivos, tales como la media aritmética, la moda aritmética (para las variables que tengan datos categóricos), la desviación estándar, el intervalo de cada una de las variables ambientales por estación climática y para cada ecotipo, con la finalidad de observar diferencias evidentes en las estaciones climáticas. Posteriormente se realizó una prueba de hipótesis por cociente de verosimilitud al número de manadas y al número de individuos de cada ecotipo, para probar si existía alguna diferencia en el número de manadas y en el número de toninas durante las cuatro estaciones climáticas que se encuentran presentes en las zonas de estudio.

Finalmente y para explorar si existían diferencias estacionales entre el número de manadas y en el número de individuos de ambos ecotipos, se utilizaron los intervalos de confianza del 95% obtenidos por la prueba de razón de verosimilitud para contrastarlos. Es importante mencionar que al comparar los intervalos de confianza los valores no se interceptan, por lo que se puede rechazar que el conteo esperado de manadas o de individuos sea el mismo, mientras que si los intervalos de confianza se interceptan, entonces el conteo de manadas o de individuos son similares.

7.3.3 Comportamiento por bloques de tiempo

Para determinar el uso del hábitat, de cada uno de los ecotipos (costero y oceánico) por separado, se analizaron los comportamientos de cada ecotipo de toninas de acuerdo a diferentes categorías de tiempo. Estas categorías de tiempo fueron establecidas con una separación de tres horas, desde el inicio de los muestreos hasta la finalización de los mismos, esto con la finalidad de determinar si la hora del día tiene una influencia en los patrones de comportamiento de las toninas. Para cada ecotipo se utilizaron diferentes categorías de tiempo, debido a que los muestreos de ambos ecotipos no tuvieron la misma duración, ni pudieron comenzar a la misma hora por cuestiones de logística, siendo de mayor duración los muestreos del ecotipo oceánico, por lo que el análisis que se realizó para definir la preferencia de los comportamientos por alguna categoría de tiempo es independiente para cada ecotipo.

Para el ecotipo costero, se utilizaron tres categorías de tiempo para cubrir la totalidad de los muestreos, ya que los muestreos se llevaron a cabo de las 6:00 am hasta las 15:00 pm, siendo estos: H1 de 6:00-8:59 h, H2; de 9:00-11:59 h y H3; de 12:00-15:00 h. Posteriormente se realizó un cuadro con el número de ocasiones que las toninas realizaban algún comportamiento en cada una de las categorías de tiempo. Para el ecotipo oceánico, se establecieron cinco categorías de tiempo debido a que los muestreos en la zona oceánica fueron de las 6:00 am hasta que la luz del sol permitía avistar toninas: H1; 6:00 -8:59 h, H2; 9:00-11:59 h, H3; 12:00-14:59 h, H4; 15:00-17:59 h, H5; 18:00-21:00 h y se realizó el mismo conteo de aparición de comportamientos por hora. Se hizo un análisis exploratorio de correspondencia (AC) para cada ecotipo de tonina por separado para describir la relación entre los comportamientos observados de cada ecotipo y la hora del día, para determinar los patrones de comportamiento de cada uno de los dos ecotipos de toninas.

7.3.4 Modelo lineal generalizado (GLM)

Se hizo un modelo lineal generalizado (GLM) para cada ecotipo, para determinar si alguna de las 10 variables oceanográficas medidas tiene una correlación con alguno de los cuatro comportamientos que se observaron en los dos ecotipos de toninas, los modelos que se hicieron fueron de presencia/ausencia, por lo que los valores de presencia fueron los obtenidos del comportamiento que se iba a modelar, mientras que los datos de ausencia fueron los datos de los otros tres comportamientos, por lo que en total se realizaron cuatro GLM's por ecotipo. Con la finalidad de conocer qué modelo elegir, se utilizó el criterio de Información Akaike (AIC del inglés Akaike Information Criterion), para comparar modelos similares con distintos grados de complejidad o modelos iguales (mismas variables) pero con funciones de vínculo distintas. El modelo que presentó un mejor ajuste y por lo tanto el que se eligió fue aquel que tuvo el valor de AIC más pequeño. Posteriormente se realizó otro GLM con las variables del modelo anteriormente elegido y se calculó la probabilidad de presencia de los comportamientos de las toninas. El objetivo principal del modelado es analizar si existen variables oceanográficas que propicien la aparición de cada uno de los comportamientos de ambos ecotipos, y conocer su relación con la aparición del comportamiento.

7.4 Caracterización del hábitat de los dos ecotipos de toninas del Golfo de California

Para conocer las preferencia en el hábitat de los ecotipos de toninas (costero y oceánico) se utilizaron los datos obtenidos de 34 muestreos entre las dos zonas de estudio, 13 muestreos en la zona costera y 21 muestreos a la zona oceánica, para estos análisis se tomaron en cuenta los avistamientos obtenidos durante el otoño de 2012 y el invierno de 2013 para las toninas oceánicas, debido a que para estos análisis la temporada climática

no está siendo tomada en cuenta, por lo que se pueden utilizar datos que no se utilizaron para la estacionalidad.

Para caracterizar el hábitat y observar si existen diferencias de las variables que definen el hábitat de ambos ecotipos, se contrastaron las bases de datos (variables ambientales) de ambos ecotipos. Inicialmente de los análisis estadísticos descriptivos de cada una de las variables ambientales, con la finalidad de observar diferencias palpables entre cada uno de los ecotipos. Posteriormente se realizó un GLM para cada ecotipo utilizando datos de presencia y ausencia, los datos de ausencia fueron tomados de estaciones predeterminadas y de datos de avistamientos de otras especies de mamíferos marinos que se observaron en cada una de las zonas de estudio durante los años de muestreo. El AIC fue nuevamente usado para comparar modelos similares con diferentes grados de complejidad o modelos similares pero con diferente función de vínculo, el modelo elegido fue el que menor valor de AIC presentó, lo que indica un mejor ajuste. El objetivo del modelado es el de identificar los sitios idóneos, en el área de estudio, para la supervivencia de los dos ecotipos de toninas por medio de la identificación de sus requerimientos ambientales (Soberón y Nakamura, 2009).

8. RESULTADOS

8.1 Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa total

Durante el año de muestreo siempre se observó la presencia de toninas; se trabajó un total de 63.98 horas efectivas de navegación y búsqueda de toninas, en las cuales se observaron 74 manadas con un total de 452 toninas (**Figura 8**), mientras que para las toninas oceánicas se realizaron 16 salidas de campo, en donde se registraron 95.37 horas efectivas de búsqueda de toninas, en las cuales se observaron 2,183 individuos de toninas

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

agrupadas en 45 manadas. En dos muestreos no se encontraron toninas oceánicas en la zona de estudio.

Se obtuvieron los valores de abundancia relativa para los dos ecotipos de toninas (**Cuadro 2**) y se encontró una mayor abundancia de individuos para el ecotipo oceánico (22.89 toninas/hora) que para el ecotipo costero (12.27 toninas/hora); sin embargo, en el número de manadas observadas por hora, el ecotipo costero presentó una mayor abundancia relativa (12.27 manadas/hora) que el ecotipo oceánico (0.47 manadas/hora). El esfuerzo de búsqueda fue mayor en el ecotipo oceánico que en el ecotipo costero.

Cuadro 2. Índice de abundancia relativa (IAR) medida como horas de esfuerzo de búsqueda para el total de avistamientos de toninas costeras y oceánicas en la zona centro sur de Sonora.

	Toninas costeras			Toninas oceánicas		
	Toninas/hora	Manadas/hora	Esfuerzo	Toninas/hora	Manadas/hora	Esfuerzo
I.A.R	12.27	2.0	36:49	22.89	0.47	95:22



Figura 8. En gris se indican las rutas de navegación A) Bahía de las Guásimas para las toninas costeras, B) Isla San Pedro Nolasco e Isla San Pedro Mártir para las toninas oceánicas.

8.2 Distribución y Abundancia de los ecotipos de toninas

8.2.1 Distribución

Toninas costeras: Al hacer un mapa con la densidad de la distribución Kernel de los 74 avistamientos de manadas de toninas costeras se pueden observar dos zonas con mayor concentración de avistamientos, uno que se encuentra ubicado en la boca de la Bahía de las Guásimas y la otra zona es en la boca del estero Los Algodones. En esta zona la densidad de avistamientos de manadas de toninas fue mucho mayor que en la boca de la bahía (**Figura 9**), posiblemente debido a que en esta zona se encuentra la desembocadura de un ramal del Río Yaqui

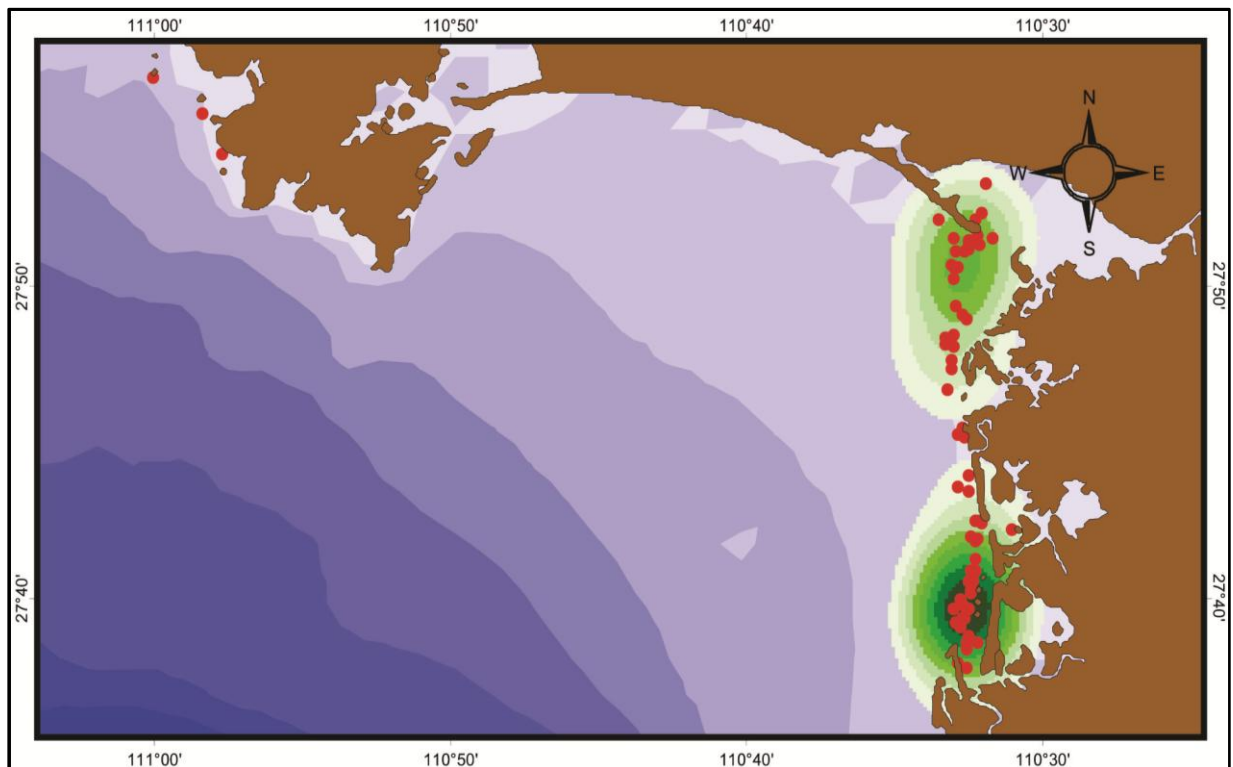


Figura 9. Densidad Kernel de avistamientos de las manadas de toninas costeras (puntos rojos) durante 13 salidas a la Bahía de las Guásimas y zonas aledañas.

Durante este proyecto se registraron 452 toninas agrupadas en 74 manadas, a las cuales, se les pudo asignar una categoría de edad. Del total de avistamientos la categoría de adultos tuvo la mayor cantidad de toninas, 249 individuos, que representó el 55% del total de individuos; seguida de la categoría juveniles con 149 toninas, que representaron el

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

33% del total de individuos observados y finalmente de la categoría de crías con 54 toninas, que representaron el 12% del total de individuos observados durante un año de estudio (**Figura10** y **Cuadro 3**).

Cuadro 3. Número de toninas costeras a las que se les asignó una categoría de edad.

CATEGORIA DE DESARROLLO			
Adultos	Juveniles	Crías	Total
249	151	52	452

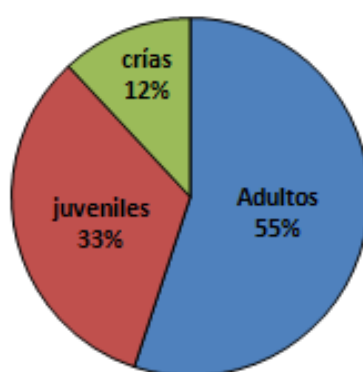


Figura 10. Proporción de toninas costeras de acuerdo por categoría de edad

Con relación al tipo de comportamiento que presentaron las diferentes categorías de edad de las toninas costeras, se encontraron 175 individuos en descanso, 48 individuos en comportamiento social, 172 en alimentación y 57 en tránsito; La mayor cantidad de individuos adultos y juveniles se encontraron en los comportamientos de descanso y alimentación, mientras que la mayor cantidad de crías se encontraron en la actividad de descanso. El detalle del número de individuos por categoría y comportamiento se encuentra en la **Cuadro 4**.

Cuadro 4. Clasificación del número de toninas costeras por categoría de desarrollo de acuerdo con el comportamiento que realizaron (suma total) en cursivas y negritas se muestran los valores más altos por categoría de cada uno de los comportamientos.

# DE INDIVIDUOS POR COMPORTAMIENTO		
DESCANSO (30 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
94	55	26
SOCIAL (7 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
18	23	7
ALIMENTACIÓN (27 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
98	59	15
TRÁNSITO (10 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
39	12	6

La distribución de las manadas de toninas costeras que se encontraban en alimentación y descanso se observaron en toda el área de estudio (**Figura 11B**). Con respecto a los comportamientos de tránsito y social, en donde se observaron 48 y 57 individuos respectivamente, se observa que las manadas con estos comportamientos se encontraban distribuidos principalmente en las bocas de los esteros y en la boca de la Bahía de las Guásimas (**Figura 11A**).

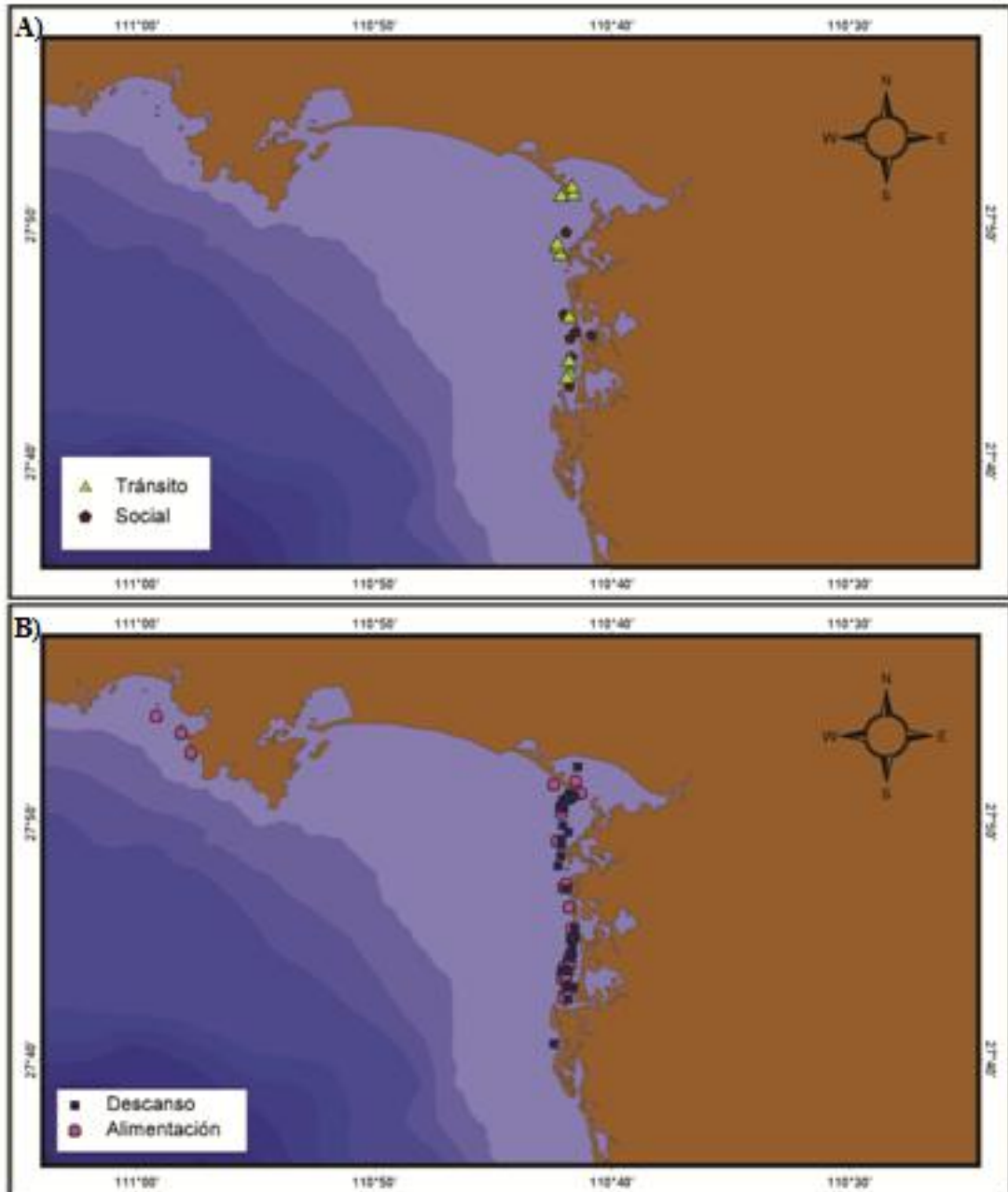


Figura 11. Avistamiento de manadas de toninas costeras clasificadas por el comportamiento (A: tránsito y social; B: descanso y alimentación).

Toninas oceánicas: Se realizó un mapa con la densidad de la distribución Kernel con los 45 avistamientos de manadas de toninas oceánicas, en donde se pueden observar dos zonas de mayor abundancia, una de estas zonas se encuentra entre las islas San Pedro Mártir y la Isla San Esteban, pero la zona con mayor densidad de avistamientos de manadas se encuentra alrededor de la Isla San Pedro Nolasco, siendo máxima hacia la

parte sur de la isla, donde se encuentra un bajo profundo (98 a 300 m) que es conocida como “el bajo” (**Figura 12**).

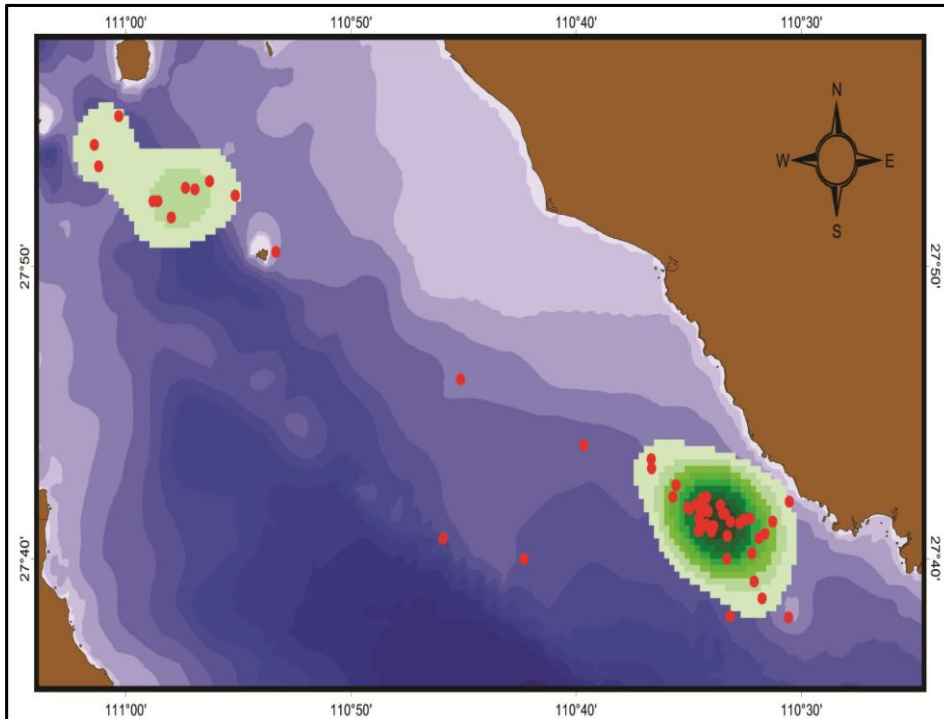


Figura 12. Densidad Kernel de los avistamientos de las manadas de toninas oceánicas (puntos rojos) durante 16 salidas a las Islas San Pedro Nolasco y una salida a la Isla San Pedro Mártir

Durante este estudio se observó un total de 2,183 toninas agrupadas en 45 manadas. Del total de avistamientos solamente a 1,144 toninas se les pudo asignar una categoría de edad. De las 1,144 toninas identificables, a 837 individuos se les colocó en la categoría de adultos que representan el 37% del total de toninas muestreadas, la siguiente categoría en número de individuos 224 fueron individuos juveniles que corresponden al 10% del total de toninas; la categoría de crías presentó el menor número de individuos con 83 toninas que representan solamente el 4% del total de individuos registrados; finalmente los organismos no identificados representaron el 49% del total de individuos (**Cuadro 5, Figura13**).

Cuadro 5. Número de toninas oceánicas que se les asignó una categoría de desarrollo. En negritas e itálicas se muestra el valor más alto de las categorías.

CATEGORIA DE EDAD				
Adultos	Juveniles	Crías	No identificados	Total
837	224	83	1039	2183

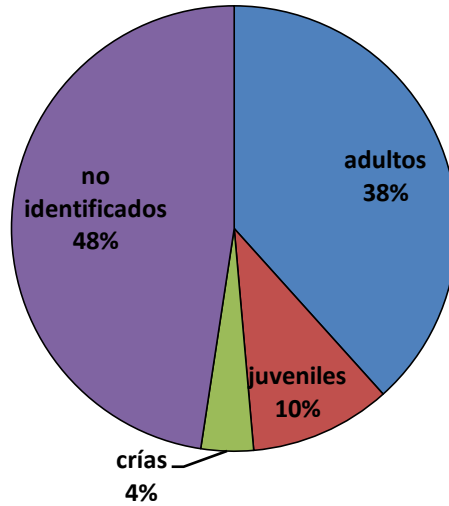


Figura 13. Proporción de toninas oceánicas de acuerdo a su categoría de edad

En relación con el comportamiento que se observó en las toninas que se pudieron categorizar, de los 1,144 individuos, 362 se encontraron en descanso, 347 individuos se encontraron en comportamiento social, 136 individuos se encontraron en alimentación y 299 individuos se encontraron en tránsito; la mayor cantidad de individuos adultos se encontraron en descanso, mientras que los juveniles y las crías se encontraron en comportamiento social. El detalle del número de individuos por categoría y comportamiento se encuentra en la **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Clasificación del número de toninas oceánicas por categoría de edad de acuerdo con el comportamiento (suma total). En negritas e itálicas se muestran los valores más altos por categoría de cada uno de los comportamientos

# DE INDIVIDUOS POR COMPORTAMIENTO		
DESCANSO (9 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
342	11	9
SOCIAL (13 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
130	175	42
ALIMENTACIÓN (7 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
119	11	6
TRÁNSITO (16 manadas)		
Adultos	Juveniles	Crías
246	27	26

De los 2,183 individuos que se observaron en general y sin hacer distinción por categoría de edad, podemos decir que el comportamiento social fue el comportamiento que más individuos desplegaron 864 toninas, seguido del comportamiento de tránsito con 621 individuos, mientras que los comportamientos de descanso y alimentación tuvieron menos individuos (362 y 336 individuos respectivamente). La diferencia que se observó en el comportamiento con mayor número de individuos dependiendo si se utilizan los animales categorizados o el total de individuos observados es debido a que cuando las toninas se encuentran en el comportamiento social es muy difícil clasificarlas en categoría de edad, debido a que sus movimientos son muy rápidos y sin rumbo fijo, a diferencia del comportamiento de descanso en donde las toninas tienen movimientos lentos, lo que hace más fácil su conteo y categorización, es por esto que se ven diferencias en los comportamientos de acuerdo a los individuos que se puedan identificar.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Es importante mencionar que una gran cantidad de las manadas de toninas se encontraron en las aguas entre la Isla San Pedro Mártir y la Isla San Esteban. En este lugar la profundidad varía entre 300 y 1,000 m. Las manadas de toninas se observaron principalmente sobre el borde de la porción sur de la Isla San Pedro Nolasco, sobre el bajo profundo en donde la profundidad máxima es de aproximadamente 150 m (**Figura 14A, B**). Esta zona es muy importante para las diferentes especies de mamíferos marinos, debido a las surgencias producidas por la batimetría de la zona (Pérez y Sosa, 2014), que enriquecen la columna de agua de nutrientes, que son aprovechados por una gran cantidad de fauna marina, entre los que figuran las toninas. En la **Figura 15** se puede observar una capa de alimento distribuida a los 225 m (medida con la ecosonda-gps) que fue aprovechada por las toninas, ya que en ese avistamiento el comportamiento de las toninas fue el de alimentación en zona profunda.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

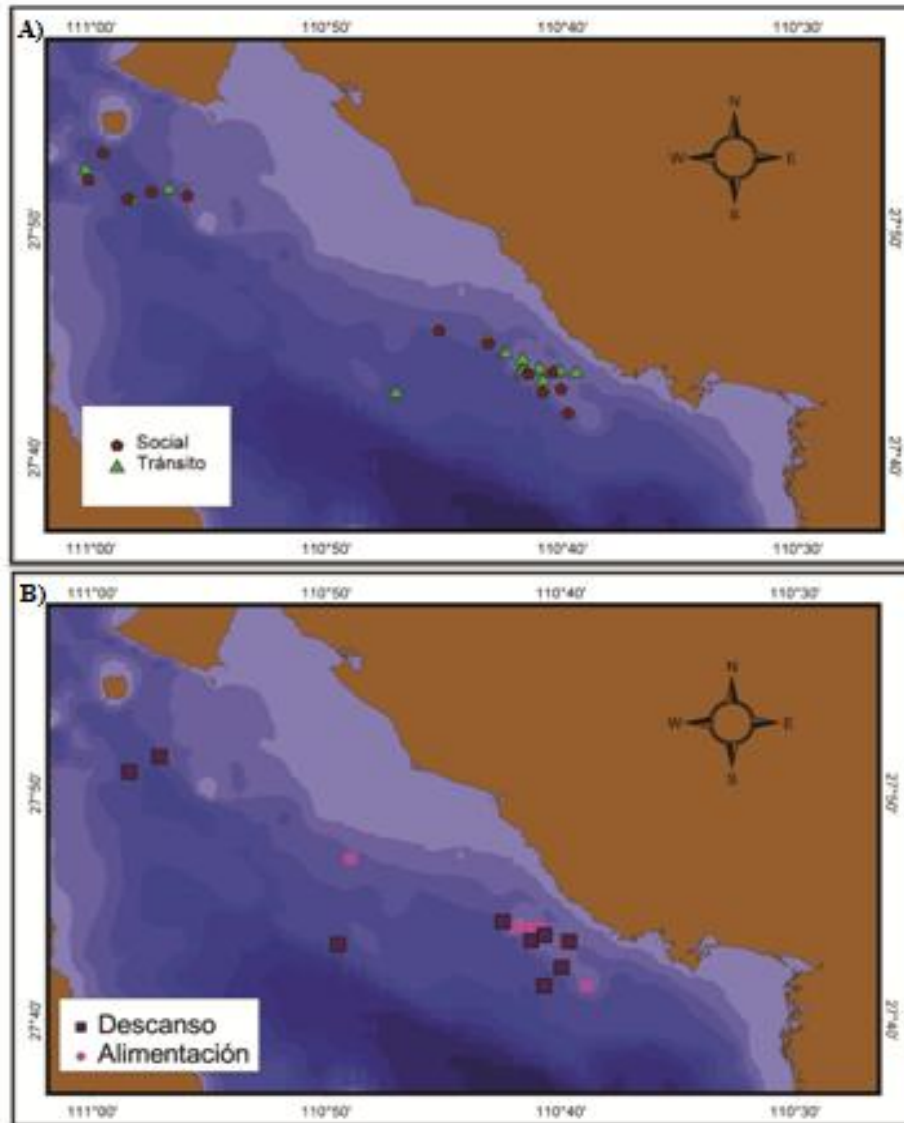


Figura 14. Avistamiento de toninas oceánicas clasificadas por el comportamiento (arriba: tránsito y social; abajo: descanso y alimentación).



Figura 15. Pantalla de la ecosonda Furuno-GPS; a los 225 m se observa una capa de alimento (línea amarilla) siendo la profundidad total de 292 m. Zona cercana a la Isla San Pedro Nolasco.

8.2.2 Abundancia relativa estacional

Toninas costeras: La temporada climática que mayor abundancia relativa de toninas presentó fue la primavera, seguida del otoño y del invierno; el verano fue la temporada climática que menor número de toninas por hora de esfuerzo presentó (**Cuadro 7**). Con respecto al número de individuos y manadas registradas, la primavera de 2013 fue la estación con mayor número de individuos (36%) pero el otoño de 2012 registró un mayor número de manadas (31%). La estación en donde se observó la menor cantidad de manadas e individuos fue el verano de 2013 (15% y 11% respectivamente) (**Figura 16**). El esfuerzo de búsqueda que se realizó fue similar para todas las estaciones climáticas, siendo la temporada en donde mayor esfuerzo se realizó el invierno de 2013, debido a que en esta temporada se realizaron cuatro salidas de campo, una más que en el resto de las estaciones climáticas, debido a que una salida no se pudo completar por factores climáticos, por lo que fue necesario repetirla.

Cuadro 7. Número de individuos, número de manadas, IAR o índice de abundancia relativa (toninas/hora) y horas de esfuerzo de las toninas costeras en la Bahía de las Guásimas, Sonora. Los valores en negritas cursivas corresponden a los valores más altos.

Abundancia relativa de toninas costeras					
	# Individuos	# manadas	I.A.R. (individuos/h)	I.A.R. (manadas/h)	Esfuerzo (h:mm)
Otoño 2012	130	23	15.00	2.65	8:40
Invierno 2013	108	19	10.56	1.85	10:13
Primavera 2013	163	21	18.52	2.38	8:48
Verano 2013	51	11	5.59	1.20	9:08

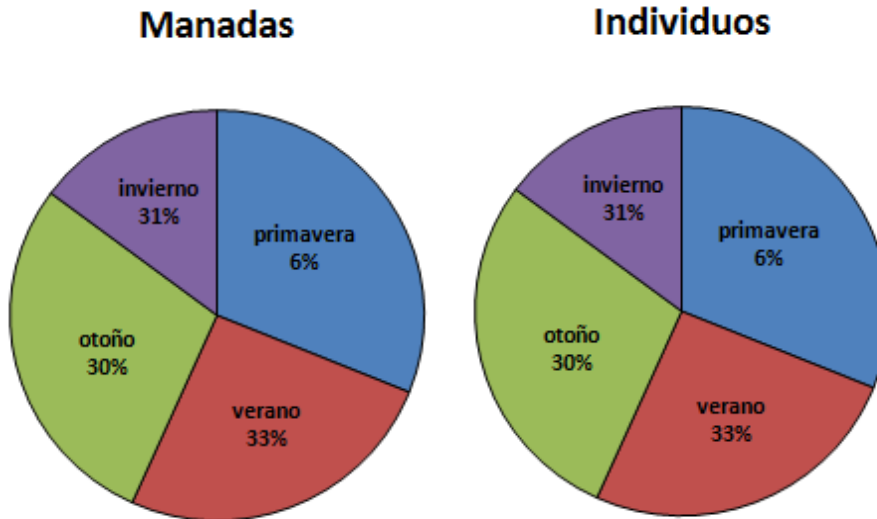


Figura 16. Porcentaje de individuos y manadas costeras de acuerdo la estación climática

Toninas oceánicas: La abundancia relativa (**Cuadro 8**) mostró que la temporada climática con mayor abundancia de toninas fue el invierno, seguida del otoño y el verano, mientras que la abundancia más baja fue en la primavera de 2013. Con respecto al número de individuos y manadas, el verano fue la estación con mayor porcentaje de individuos y manadas de toninas (33% y 36% respectivamente) mientras que la primavera fue la estación con el menor número de individuos y manadas (6% y 11%) (**Figura 17**). A pesar de que el verano tuvo la mayor cantidad de individuos observados, no fue la estación con el mayor índice de abundancia relativa, debido a que en el invierno en donde se contaron 681 individuos, tuvo la menor cantidad de esfuerzo de búsqueda (13:24 h), lo que implica que se requirió un esfuerzo menor para hallar a las manadas de toninas.

Cuadro 8. Índice de Abundancia Relativa (IAR toninas/hora) de las toninas oceánicas, los datos en negritas cursivas indican los valores más altos.

Abundancia relativa de toninas oceánicas					
	# individuos	# manadas	I.A.R (individuos/h)	I.A.R (manadas/h)	Esfuerzo (h:mm)
Primavera 2013	134	5	3.84	0.14	34:50
Verano 2013	723	16	28.05	0.62	25:46
Otoño 2013	645	15	30.39	0.71	21:22
Invierno 2014	681	9	51.43	0.70	13:24

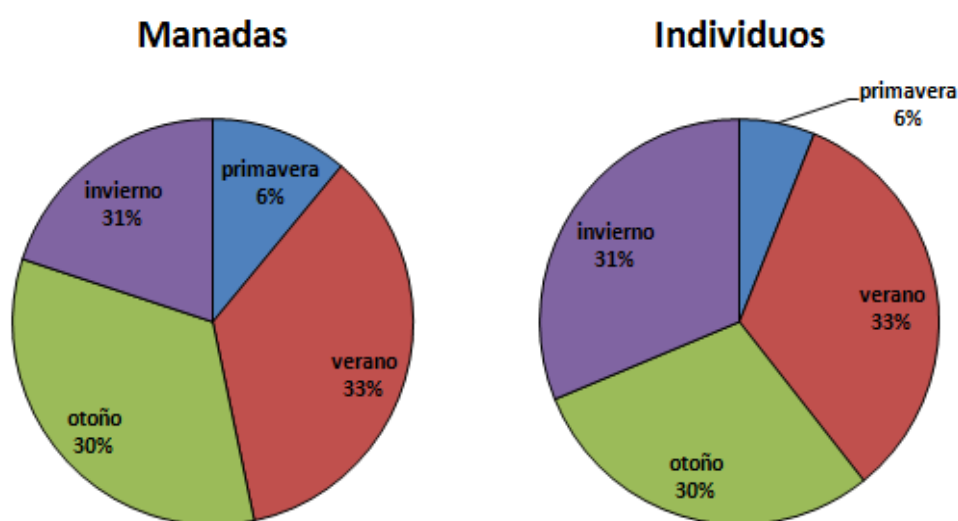


Figura 17. Porcentaje de individuos y manadas oceánicas de acuerdo la estación climática.

Comparación de los ecotipos de toninas: Al comparar la abundancia relativa por estación climática se observó que las toninas costeras tuvieron la mayor abundancia en la primavera (18.52 toninas/h), mientras que las toninas oceánicas en el otoño (51.43 toninas/h) (**Cuadro 9**). El valor mínimo de abundancia relativa para las toninas costeras se encontró en el verano (5.59 toninas/h) y para las toninas oceánicas en primavera (3.84 toninas/h). Los valores del índice de abundancia relativa (IAR) de las toninas oceánicas fueron mayores en casi todas las estaciones debido a que el tamaño de las manadas oceánicas es mucho mayor que el de las costeras, la única estación que no siguió este patrón fue la primavera en donde el valor de IAR no sólo fue mayor en las toninas costeras

sino que fue la estación con máxima abundancia de toninas costeras. También es importante mencionar que en la primavera para las toninas oceánicas se realizó el mayor esfuerzo de búsqueda para las toninas oceánicas.

Cuadro 9. Comparación del IAR de las toninas costeras y oceánicas, en negritas e itálicas se muestran los valores máximos.

Estación climática	ABUNDANCIA RELATIVA ESTACIONAL					
	IAR (individuos) costeras	IAR (manadas)c osteras	Esfuerzo	IAR (Individuos) oceánicas	IAR (manadas) oceánicas	Esfuerzo
Otoño	15.00	2.65	8:40	30.39	0.71	21:22
Invierno	10.56	1.85	10:13	51.43	0.70	13:24
Primavera	18.52	2.38	8:48	3.84	0.14	34:50
Verano	5.59	1.20	9:08	28.05	0.62	25:46

8.2.3 Estacionalidad

Toninas costeras: Al observar las medidas de tendencia central de las variables ambientales (**Cuadro 10**) se observó que durante la primavera, que es la estación en donde se avistó la mayor cantidad de toninas, se encontraron los valores promedios más bajos de profundidad, visibilidad y pendiente del fondo de todo el año, mientras que la salinidad media fue la más alta de todas las estaciones. También en esta estación se observaron los valores promedios más altos del tamaño de las manadas, con 7.7 toninas/manada. Por el contrario el verano fue la estación en donde se tuvo la menor cantidad de avistamientos. En esta estación climática se registraron que los valores de temperatura superficial, color del mar y la pendiente eran los más altos de todas las salidas; sin embargo la concentración de clorofila fue la más baja que se encontró en todo el año. En esta estación climática el tamaño de las manadas fue el más bajo en promedio con 4.6 toninas/manada.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Cuadro 10. Variables ambientales separadas por estación climática y conteo del número de toninas costeras de la Bahía de las Guásimas, en negritas se muestran los valores más altos de cada variable ambiental, mientras que en itálicas se señalan los valores más bajos de cada variable ambiental, en el estado del mar y el color del mar se utilizó la moda por ser variables categóricas.

TONINAS COSTERAS										
VARIABLES AMBIENTALES		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		INVIERNO		
Profundidad (m)		<i>1.6 ± 1.2</i>		2.6 ± 1.1		2.5 ± 1.9		3.9 ± 5.5		
mínimo	máximo	0.3	4.0	1.8	4.5	0.3	8.5	0.3	21.0	
Visibilidad (fracción de z)		<i>1.3 ± 0.7</i>		1.6 ± 0.3		2.2 ± 0.9		2.5 ± 2.1		
mínimo	máximo	0.3	2.7	1.1	2.0	1.0	5.0	1.0	7.0	
Salinidad (‰)		36.1 ± 0.6		36.0 ± 0.4		36.0 ± 1.7		33.7 ± 1.4		
mínimo	máximo	35.2	37.4	35.7	36.6	32.0	38.0	32.0	37.0	
Temperatura Sup (°C)		<i>27.6 ± 2.0</i>		33.2 ± 2.8		23.5 ± 2.2		<i>17.0 ± 0.7</i>		
mínimo	máximo	25.2	32.0	31.0	38.1	20.8	26.4	15.5	18.0	
Estado del mar (Beaufort)		1		1		0		1		
mínimo	máximo	0.0	3.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.0	
Color del mar (E.F.)		3		12		4		3		
mínimo	máximo	3.0	14.0	4.0	12.0	4.0	17.0	3.0	16.0	
Densidad del agua (kg/m³)		996.4 ± 0.6		994.7 ± 1.0		997.5 ± 0.5		998.8 ± 0.1		
mínimo	máximo	995.1	997.1	993.0	995.4	996.7	998.1	998.7	999.1	
Concentración de clorofila		<i>2.41 ± 0.5</i>		<i>1.4 ± 0.1</i>		3.3 ± 0.4		6.3 ± 2.3		
mínimo	máximo	1.5	3.2	1.3	1.5	2.2	3.5	1.8	9.4	
Dist. Costa (km)		<i>1.04 ± 0.43</i>		<i>1.1 ± 0.7</i>		<i>0.74 ± 0.6</i>		<i>0.96 ± 0.6</i>		
mínimo	máximo	0.41	1.92	0.3	1.9	0.04	2.5	0.1	2.4	
Pendiente (°)		<i>0.13 ± 0.12</i>		0.27 ± 0.04		<i>0.17 ± 0.1</i>		<i>0.22 ± 0.32</i>		
mínimo	máximo	0.01	0.29	0.3	0.4	0.01	0.4	0.01	1.1	
N (individuos)= 452		163		51		130		108		
N (manadas)= 74		21		11		23		19		

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

En el caso de las manadas la estadística de prueba de la razón de verosimilitud fue de $D=4.92$ ($p=0.1781$). Es decir, el conteo esperado de manadas en la zona costera será el mismo en todas las estaciones climáticas. Mientras que en número de individuos fue de $D=61.50$ ($p\leq 0.001$), es decir el conteo esperado de individuos en la zona costera será diferente para cada estación climática.

Las gráficas de los intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de manadas y de individuos, por estación climática se muestran en la **Figura 18**. Se espera que el verano sea diferente a las otras tres estaciones climáticas (primavera, otoño e invierno) en términos de número de individuos encontrando un mayor número de individuos durante la primavera. Nótese que el traslape entre los intervalos de confianza se asocia al no rechazo de la prueba de hipótesis por cocientes de verosimilitud sobre la igualdad del número esperado de conteos de manadas y de individuos por estación climática (**Cuadro 11**).

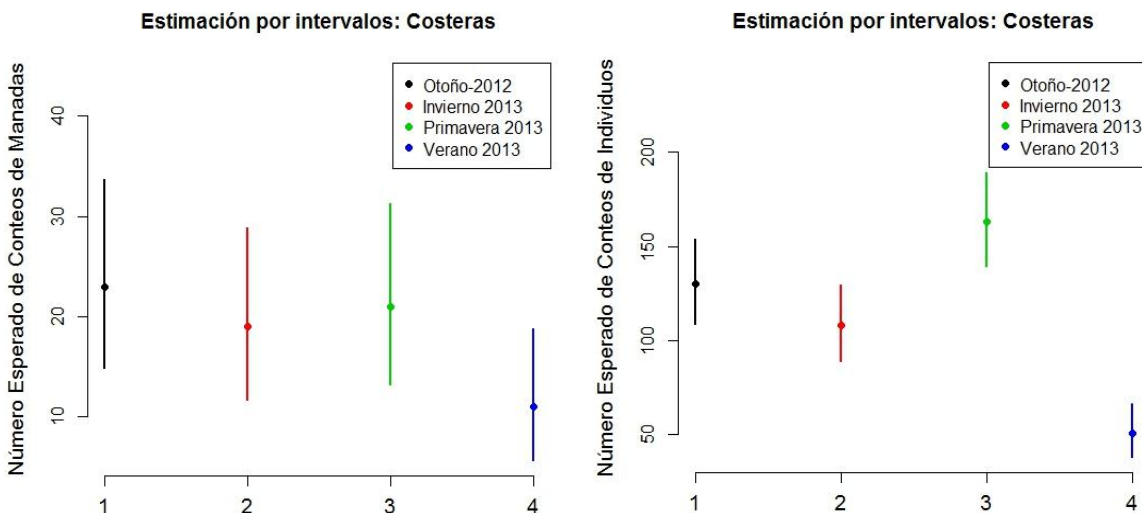


Figura 18. Intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de manadas en la zona costera, por estación climática (el traslape entre los intervalos de confianza se asocia al no rechazo de la prueba de hipótesis por cocientes de verosimilitud y viceversa).

Cuadro 11. Intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de manadas y de individuos de toninas costeras para las cuatro estaciones climáticas, en negritas e itálicas se muestra la estación que fue diferente a las demás, *i.e.* el verano, solamente en la comparación del número de individuos.

	MANADAS		INDIVIDUOS	
	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
Otoño	14.84	33.71	108.93	153.62
Invierno	11.69	28.86	88.91	129.65
Primavera	13.26	31.29	139.26	189.29
Verano	5.72	18.83	38.26	66.29

Se observó la distribución de las manadas de toninas costeras de acuerdo a la estación climática y se encontró que durante el verano, la primavera y el invierno las manadas se encontraban distribuidas en la boca de la Bahía de las Guásimas y en la boca del estero Los Algodones; mientras que en el otoño las manadas de toninas se encontraban distribuidas por toda la zona de estudio (**Figura 19**).

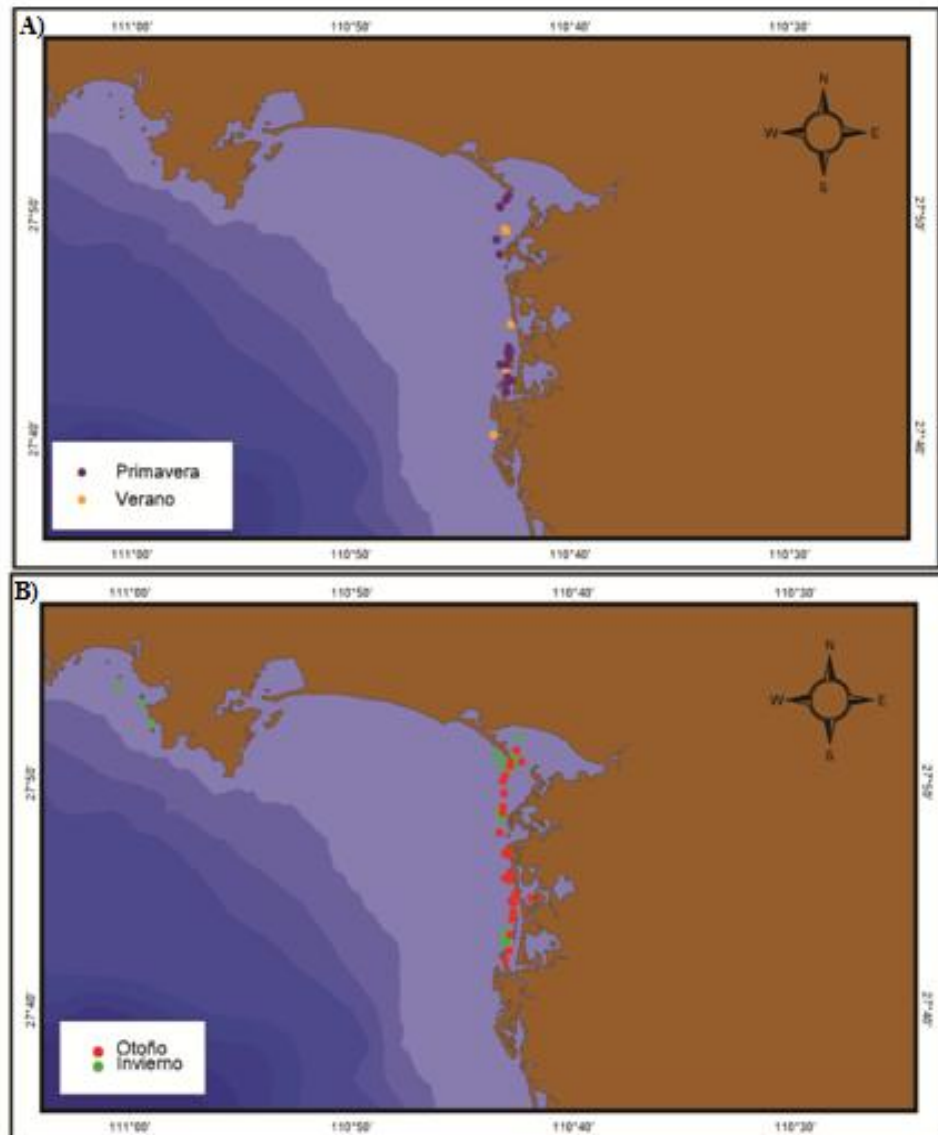


Figura 19. Distribución de las manadas de toninas por estación climática en la Bahías de las Guásimas de septiembre de 2012 – agosto de 2013.

Toninas oceánicas: Al observar las medidas de tendencia central de las variables ambientales (**Cuadro 12**) se observó que el verano, que fue la estación que más avistamientos de toninas tuvo; presentó los valores máximos promedios de las variables pendiente del fondo ($6.6 \pm 6.3^\circ$), pero se encontraron los valores más bajos del color del mar (1 escala de Forel-Ule) y de concentración de clorofila ($0.27 \pm 0.03\text{mg/m}^3$). Estos datos son coherentes entre ellos debido a que el color del mar es una medida indirecta de la productividad primaria, *i.e.* en esta estación climática se encontraron aguas muy azules y

transparentes (valor de escala de Forel-Ule de 1), los valores de salinidad fueron muy similares para las cuatro estaciones climáticas.

El invierno fue la segunda estación con la mayor cantidad de avistamientos. En esta temporada se encontraron los valores promedio más altos de salinidad, color del mar, densidad del agua y concentración de clorofila, mientras que también se encontraron los valores más bajos de profundidad, visibilidad, temperatura superficial y distancia a la costa. Es importante mencionar que en esta estación climática se tuvieron siete avistamientos menos de manadas en comparación con el verano que fue la estación con mayor número de manadas e individuos. Esta diferencia se observó en el tamaño de las manadas, ya que durante el invierno se observaron manadas más numerosas con 75.6 toninas/manada mientras que durante el verano el tamaño de las manadas disminuyó a 45.18 toninas/manada.

Se realizó una prueba de hipótesis por cocientes de verosimilitud sobre la igualdad del número esperado de conteos de manadas y de individuos por estación climática. En el caso de las manadas la estadística de prueba de la razón de verosimilitud fue de $D=7.78$ ($p=0.0501$), *i.e.* se espera que el conteo esperado de manadas en la zona oceánica sea el mismo para cada estación climática. Mientras que en el número de individuos fue de $D=547.42$ ($p\leq 0.001$), *i.e.* se espera que el conteo esperado de individuos en la zona oceánica sea diferente para cada estación climática, siendo la primavera la estación con un menor número de individuos que las otras tres estaciones climáticas (verano, otoño e invierno).

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Cuadro 12. Variables ambientales separadas por estación climática y conteo del número de toninas oceánicas de la Bahía de Guaymas los datos en negritas rojo son los valores máximos encontrados, mientras que los datos en itálicas son los valores mínimos, en el estado del mar y el color del mar se utilizó la moda por ser variables categóricas.

TONINAS OCEÁNICAS									
VARIABLES AMBIENTALES		PRIMAVERA 2013		VERANO 2013		OTOÑO 2013		INVIERNO 2014	
Profundidad (m)		269.6 ± 250.7		244.4 ± 131.1		427.7±219.9		174.45 ± 66.5	
mínimo	máximo	46.4	613.0	17.3	489.0	117.0	933.0	91.3	289.2
Visibilidad (fracción de z)		11.1 ± 4.1		18.7 ±4.4		19.9 ± 3.6		8.39 ± 2.4	
mínimo	máximo	8.0	18.0	11.0	25.5	13.0	24.0	4.5	11.5
Salinidad (‰)		36.6 ± 1.5		36.5 ±0.8		35.3± 1.05		36.7± 0.9	
mínimo	máximo	35.0	39.0	35.0	37.0	34.0	37.0	36.0	38.0
Temperatura Sup (°C)		23.8 ± 0.9		28.2 ± 1.2		30.05 ± 0.56		20.76 ± 0.4	
mínimo	máximo	22.7	24.7	26.0	31.7	29.3.0	30.9	20.5	21.3
Estado del mar (Beaufort)		0		1		1		1	
mínimo	máximo	0.0	2.0	1.0	3.0	0.0	1.0	1.0	2.0
Color del mar (E.F.)		3		1		1		3	
mínimo	máximo	3.0	3.0	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	4.0
Densidad (kg/m ³)		997.4 ± 0.2		996.2 ± 0.3		995.7 ± 0.2		998.3 ± 0.4	
mínimo	máximo	997.2	997.7	995.2	996.8	995.4	995.9	999.1	998.0
Distancia a la costa		19.7 ± 5.7		16.8 ± 3.8		41.03 ± 11.34		16.48 ± 3.5	
mínimo	máximo	13.3	28.3	7.9	22.7	22.95	60.13	11.8	20.6
Concentración de clorofila a		0.43 ±0.02		0.27 ± 0.03		0.42 ± 0.27		1.53 ± 0.39	
mínimo	máximo	0.40	0.45	0.23	0.34	0.24	1.35	1.0	2.2
Pendiente		5.51 ± 4.44		6.6 ± 6.3		3.7 ± 5.2		4.14 ± 2.84	
mínimo	máximo	1.9	11.8	1.14	0.34	0.5	21.0	1.49	8.36
N (individuos)= 2183		134		723		645		681	
N (manadas)= 45		5		16		15		9	

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Las gráficas de los intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de manadas y de individuos, por estación climática se muestran en la **Figura 20**. La estación primavera será diferente a las otras tres estaciones climáticas (verano, otoño e invierno), pero encontrando un mayor número de individuos en verano. Nótese que el traslape entre los intervalos de confianza se asoció al no rechazo de la prueba de hipótesis por cocientes de verosimilitud sobre la igualdad del número esperado de conteos de manadas y de individuos por estación climática (**Cuadro 13**).

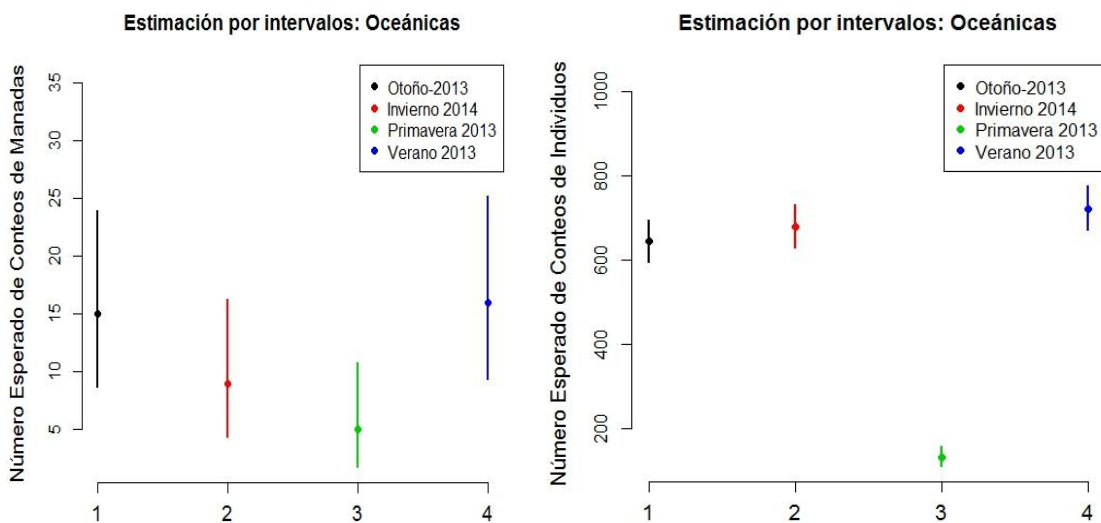


Figura 20. Intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de manadas en la zona oceánica, por estación climática (el traslape entre los intervalos de confianza se asocia al no rechazo de la prueba de hipótesis por cocientes de verosimilitud y viceversa).

Cuadro 13. Intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de manadas y de individuos de toninas oceánicas para las cuatro estaciones climáticas, en negritas e itálicas se observa la estación climática que fue diferente a las otras tres, en la comparación del número de individuos *i.e.* primavera

	MANADAS		INDIVIDUOS	
	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
Otoño	8.636459	23.912732	596.5372	696.0191
Invierno	4.327783	16.216664	631.1683	733.3879
<i>Primavera</i>	1.794911	10.739997	<i>112.5917</i>	<i>157.9639</i>
Verano	9.389673	25.159949	671.6163	776.9399

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

En la distribución de las manadas de toninas de acuerdo a la estación climática, se observó que durante el invierno y la primavera, la mayoría de las manadas se encontraban sobre el bajo profundo que se encuentra en la parte sur de la Isla San Pedro Nolasco (**Figura 21**), mientras que durante el verano encontramos a las manadas alrededor de la Isla San Pedro Nolasco. En el otoño, encontramos a las manadas de toninas al norte de la isla San Pedro Nolasco y en el trayecto a la Isla San Pedro Mártir y en la zona entre esta isla y la Isla San Esteban; esto se debe a que durante el otoño el muestreo se centró en esa área, por lo que no podemos decir que durante esta estación las toninas no se distribuyeron en los alrededores de la Isla San Pedro Nolasco, debido a que en esa temporada climática no se llevó a cabo ahí el muestreo.

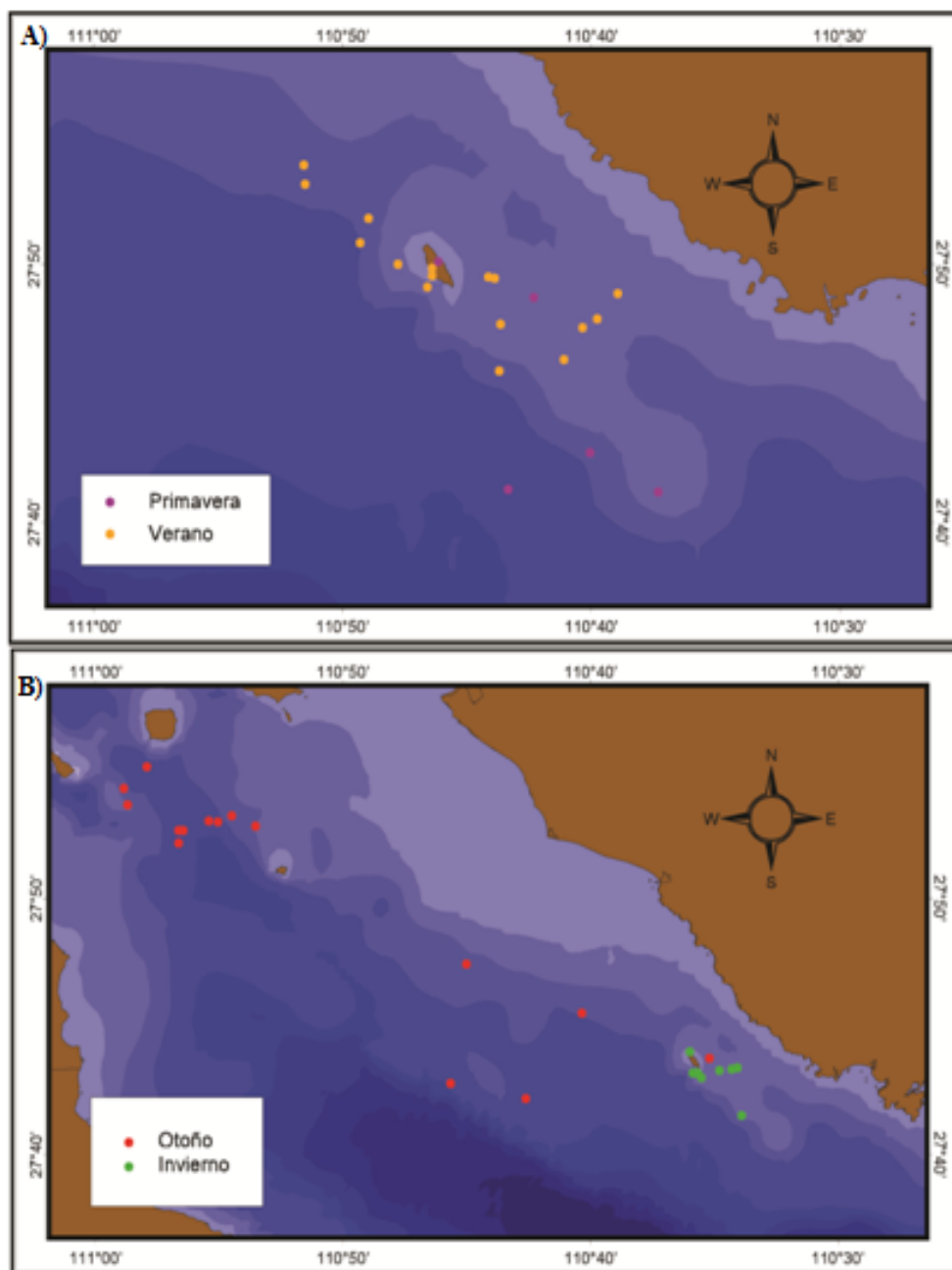


Figura 21. Distribución de las manadas de toninas oceánicas por estación climática de octubre de 2012 a agosto de 2013

Comparación de los ecotipos de toninas: Para realizar la comparación en la igualdad del número esperado de conteos de los ecotipos de manadas durante las cuatro estaciones climáticas, se realizó una prueba de hipótesis por cocientes de verosimilitud. La estadística de prueba de la razón de verosimilitud fue de $D= 7.14$ ($p= 0.0075$), lo que implica que se rechaza (con un 95% de confianza) que el conteo esperado de manadas en

la zona costera sea el mismo que en la zona oceánica; se espera un mayor número de manadas para el ecotipo costero que para el ecotipo oceánico.

Cuando observamos los intervalos de confianza de cada estación climática, se observa que los intervalos se traslapan excepto para la estación de primavera, por lo que se rechaza con una confianza del 95% que el conteo esperado de manadas en primavera sea el mismo para los ecotipos costeros y oceánicos (**Cuadro 14**). De hecho, en esta estación climática se espera un menor conteo de manadas oceánicas. En contraste, en las otras estaciones climáticas, se espera que el conteo esperado de manadas sea el mismo para los dos ecotipos.

Cuadro 14 Intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de manadas por estación climática. Los valores en negritas e itálicas indican diferencia en la comparación de las manadas costeras y oceánicas, en la estación climática de primavera.

	Manadas costeras		Manadas oceánicas	
	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
Otoño	14.84098	33.71072	8.636459	23.912732
Invierno	11.69175	28.859	4.327783	16.216664
Primavera	13.25633	31.29493	1.794911	10.739997
Verano	5.715521	18.831063	9.389673	25.159949

Con relación al número de individuos se rechaza que el conteo esperado de individuos en la zona costera sea el mismo que en la zona oceánica. De hecho, se espera un mayor conteo de individuos en la zona oceánica durante las cuatro estaciones climáticas. Cuando observamos los intervalos de confianza de cada estación climática, estos no se interceptan excepto para la primavera (**Cuadro 15**). Así, con una confianza del 95% no se rechazó que el conteo esperado de individuos en primavera sea el mismo para costeras y oceánicas. En contraste, para las otras estaciones climáticas (primavera, verano

y otoño), se rechazó que el conteo esperado de individuos sea el mismo (siempre un conteo mayor para el ecotipo oceánico).

Cuadro 15. Intervalos de confianza del 95% para el conteo esperado de individuos por estación climática. Los valores en negritas e itálicas indican diferencia significativa en la comparación de las manadas de toninas costeras y oceánicas, i.e. el otoño, el invierno y el verano.

	Individuos costeros		Individuos oceánicos	
	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
<i>Otoño</i>	108.9323	153.6233	596.5372	696.0191
<i>Invierno</i>	88.90716	129.64826	631.1683	733.3879
Primavera	139.2606	189.2952	112.5917	157.9639
<i>Verano</i>	38.2634	66.2909	671.6163	776.9399

8.3 Uso de hábitat

8.3.1 Comportamientos por bloque de hora

Toninas costeras: El análisis exploratorio de correspondencia (AC) para las toninas costeras, indica que los comportamientos de “alimentación” y “tránsito” se relacionan con H1y H2. El “descanso” está más relacionado con H3 que con H2, mientras que el comportamiento “social” se relaciona con H2. Al parecer, en general las toninas costeras se alimentaron y transitaron por la mañana, socializan al medio día y descansan en la tarde (Figura 22; Cuadro 16).

Cuadro 16. Número de ocasiones que se observaron los comportamientos clasificados por categorías de hora

	Toninas costeras			Conteos
	6-9 hrs (H1)	9-12 hrs (H2)	12-15 hrs (H3)	
(C1)Descanso	5	18	7	30
(C2)Social	0	7	0	7
(C3)Alimentación	10	15	2	27
(C4)Tránsito	3	6	1	10

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

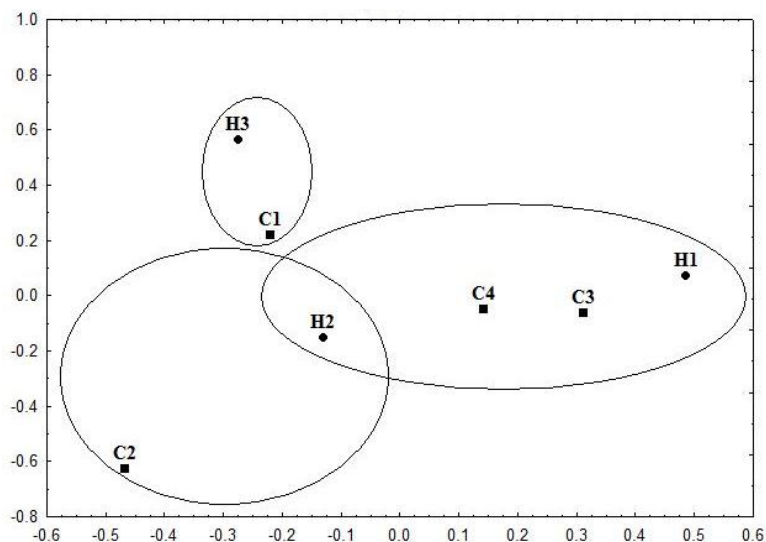


Figura 22. Análisis de correspondencia de los comportamientos de las toninas costeras y las categorías del día

Toninas oceánicas: El análisis de correspondencia del ecotipo oceánico nos indica que el comportamiento de “alimentación” se relaciona con H1 y H5. El comportamiento “descanso” se relaciona con H4. El comportamiento “tránsito” se relaciona con H2 y H4 y el comportamiento “social” se relaciona con H3. Al parecer las toninas oceánicas se alimentaron muy temprano y por la noche, socializaron al medio día, descansaron por la tarde (aunque también la usan para transitar) y transitaron por la mañana (**Figura 23; Cuadro 17**).

Cuadro 17. Número de ocasiones en que se observaron los comportamientos clasificados por categorías de hora.

	Toninas oceánicas					Conteos
	6-9 hrs (H1)	9-12 hrs (H2)	12-15 hrs (H3)	15-18 hrs (H4)	18-21 hrs (H5)	
(C1)Descanso	1	1	3	4	0	9
(C2)Social	0	0	7	5	1	13
(C3)Alimentación	2	0	3	1	1	7
(C4)Tránsito	2	3	3	7	1	16

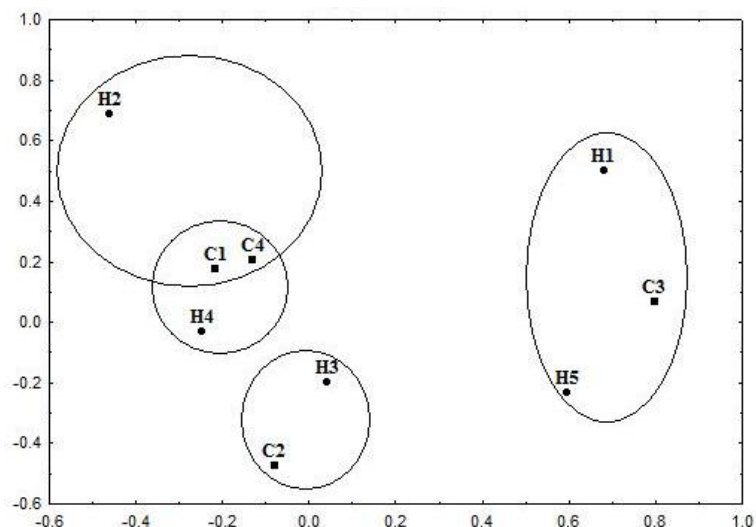


Figura 23. Análisis de correspondencia de los comportamientos de las toninas oceánicas y las categorías del día

8.3.2 Modelo lineal generalizado (GLM)

Toninas costeras: El GLM, de los comportamientos del ecotipo costero utilizando las 10 variables ambientales (**Cuadro 18**), indica que la temperatura superficial está relacionada negativamente con los comportamientos descanso y social; *i.e.* menores temperaturas (entre 16 y 20°C) incrementan la probabilidad de observar al ecotipo costero en descanso y socializando. La visibilidad y la salinidad determinan la aparición del comportamiento alimentación, ambas variables con una relación negativa: *i.e.* a menor visibilidad (< 2.5 m) y menor salinidad (27.5 y 30‰) se incrementa la probabilidad de observar el comportamiento “alimentación”. Finalmente, cuatro variables ambientales determinan el comportamiento de tránsito (salinidad, color de mar, distancia a la costa y la pendiente del fondo), todas con una relación positiva por lo que los lugares que presenten características de: salinidad >37‰, color del mar >15 en la escala Forel-Ule, distancia a la costa > a 1 km y pendientes >0.4°, van a incrementar la probabilidad de observar el comportamiento de tránsito en el ecotipo costero.

Cuadro 18. Modelo Lineal Generalizado para los comportamientos de las manadas de toninas costeras de acuerdo a las 10 variables medidas. Se muestra el valor Akaike (AIC) y los valores de correlación con las diferentes variables.

Ecotipo costero							
	AIC	Temperatura Superficial	Visibilidad	Salinidad	Color del mar	Distancia a la costa	Pendiente
Descanso	100.780	-0.083					
Social	48.059	-0.119					
Alimentación	94.090		-0.418	-0.300			
Tránsito	55.157			0.078	0.166	0.001	4.929

Toninas oceánicas: El GLM de los comportamientos del ecotipo oceánico (**Cuadro 19**) indica una relación negativa entre el comportamiento de descanso con las variables profundidad y color del mar, en otras palabras, el ecotipo oceánico descansa en lugares con baja profundidad (100-200 m) y en aguas claras (con un valor de 1 en la escala de Forel-Ule). El comportamiento social tiene una relación negativa con el estado del mar, por lo que la probabilidad de observar este comportamiento incrementa en lugares con el mar en calma. El comportamiento alimentación tiene una relación positiva con la profundidad, lo que significa que el ecotipo oceánico se alimenta en lugares más profundos (entre 400 y 800 m). Finalmente, el GLM indica una relación positiva entre el comportamiento tránsito y la temperatura superficial, el color de mar y la pendiente del fondo, sugiriendo que el ecotipo oceánico transita en lugares con altas temperaturas (> 25°C), pendientes pronunciadas (>30°) y aguas verdosas con un valor mayor de 6 en la escala de Forel-Ule.

Cuadro 19. Modelo Lineal Generalizado para los comportamientos de las manadas de toninas oceánicas de acuerdo a las 10 variables medidas. Se muestra el valor Akaike (AIC) y los valores de correlación con las diferentes variables

Ecotipo oceánico						
	AIC	Temperatura superficial	Profundidad	Color del mar	Estado del mar	Pendiente
Descanso	53.488		-0.004	-0.150		
Social	62.636				-0.853	
Alimentación	52.222		0.005			
Tránsito	58.279	0.067		0.006		0.093

8.4 Caracterización del hábitat de los ecotipos de toninas

Para caracterizar el hábitat de el ecotipo costero se utilizó el esfuerzo realizado y el número de manadas e individuos que se reportó en la sección 8.1 de esta tesis, mientras que para las toninas oceánicas se realizaron 21 salidas de campo, en donde se realizó un esfuerzo de 113.35 horas efectivas búsqueda de toninas, en las cuales se observaron 2,295 individuos de toninas agrupadas en 45 manadas; finalmente, en dos muestreos no encontramos toninas oceánicas en la zona de estudio.

8.4.1 Medidas de tendencia central

Al observar las medidas de tendencia central de ambos ecotipos de toninas (**Cuadro 20**), se puede observar que en casi todas las variables ambientales, a excepción de la salinidad y el estado del mar, existen diferencias evidentes entre ambos ecotipos, por lo que es posible que las variables similares no influyan en la diferenciación del hábitat de los dos ecotipos, mientras que las otras ocho variables si lo sean.

Las toninas costeras se encontrarán principalmente en lugares de baja profundidad, sobre la plataforma continental, en lugares con baja visibilidad y una mayor concentración de clorofila, y en aguas con una temperatura superficial de 24°C. A diferencia de las

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

toninas oceánicas las cuales posiblemente habitarán lugares con profundidades mayores a 200m con buena visibilidad y alejadas a la costa (23 km) en lugares de alta concentración de clorofila, aunque menor que en las toninas costeras, (0.54 mg/m^3) y con una mayor pendiente del fondo.

Cuadro 20. Resultados preliminares de la comparación de las variables ambientales de los dos ecotipos de toninas. Los datos en negritas e itálicas indican los valores diferentes entre los dos ecotipos, en el color y el estado del mar se muestra la moda, por ser variables categóricas.

VARIABLES AMBIENTALES		COSTERAS		OCEÁNICAS	
Profundidad (m)		<i>2.7 ± 3.1</i>		<i>268.38 ± 191.7</i>	
mínimo	máximo	0.3	21	17.3	933.0
Visibilidad (fracción de z)		<i>2.0 ± 1.3</i>		<i>15.37 ± 6.2</i>	
mínimo	máximo	0.3	7.0	2.00	25.50
Salinidad (‰)		36.3 ± 1.4		36.02 ± 1.1	
mínimo	máximo	32.0	40.0	34.0	39.0
Temperatura Sup (°C)		<i>24.0 ± 5.2</i>		<i>26.67 ± 4.5</i>	
mínimo	máximo	15.5	38.1	17.8	36.5
Estado del mar (Beaufort)		1		1	
mínimo	máximo	0	3.0	0.00	3.0
Color del mar (E.F.)		<i>3</i>		<i>1</i>	
mínimo	máximo	3.0	17.0	1.00	4.0
Distancia a la costa (km)		<i>0.9 ± 0.6</i>		<i>23.79 ± 13.7</i>	
mínimo	máximo	0.1	2.5	2.6	60.1
Densidad del agua		<i>997.2 ± 1.3</i>		<i>996.60 ± 1.3</i>	
mínimo	máximo	993.0	999.1	993.6	999.1
Concentración de clorofila		<i>3.7 ± 2.0</i>		<i>0.54 ± 0.4</i>	
mínimo	máximo	1.3	9.4	0.2	1.7
Pendiente (°)		<i>0.2 ± 0.2</i>		<i>6.96 ± 10.3</i>	
mínimo	máximo	0.0	1.1	0.5	51.3
N (manadas)=		74		55	
N (individuos)=		452		2295	

8.4.2 Modelo Lineal Generalizado (presencia/ausencia)

El modelo para el ecotipo costero demuestra que tres variables ambientales (distancia a la costa, concentración de clorofila y color del mar) determinan la presencia de este ecotipo. Para ello, este ecotipo se encuentra distribuido a una mayor distancia de la costa, preferentemente a una distancia de ($\bar{x}=0.9 \pm 0.6$ km) sobre la plataforma continental (<5 km de la costa), con bajas concentraciones de clorofila (0-2 mg/m³) y en lugares con aguas con un valor mayor de 15 en la escala de Forel-Ule (muy cafés). El modelo para el ecotipo oceánico indicó que la pendiente, la concentración de clorofila y la distancia a la costa determinan la presencia de este ecotipo, lo que significa que serán encontrados en lugares con baja pendiente (0-5°), una alta concentración de clorofila (>2 mg/m³) y cercanos a la costa, pero siempre después del talud continental (>5 km) (**Cuadro 21**).

Cuadro 21. Modelo Lineal Generalizado para los dos ecotipos de las manadas de toninas utilizando las 10 variables medidas, en el cuadro se muestran solamente las variables que resultaron importantes para cada ecotipo así como su valor Akaike (AIC) que sirvió para elegir el modelo que mejor se ajustaba para cada ecotipo.

GLM presencia/ausencia					
Ecotipo	AIC	Pendiente	Concentración de clorofila	Distancia a la costa	Color del mar
Costero	54.702		-0.714	1.795	0.111
Oceánico	94.672	-0.407	1.742	-0.232	

9. DISCUSIÓN

El Golfo de California es uno de los ecosistemas más biodiversos, singulares, dinámicos y productivos del planeta, debido a que presenta tres mecanismos principales de fertilización, las surgencias inducidas por la batimetría y por el viento, la mezcla producida por los cambios semidiurnos de las mareas y la circulación termohalina, lo que hace de

este golfo una región de gran complejidad ecológica (Álvarez-Borrego, 2002). Las zonas de alta productividad primaria tienen una gran importancia para los mamíferos marinos debido a que se sabe que la mayoría de sus movimientos están relacionados con la presencia y distribución de sus presas, y con lugares de alta actividad biológica, como lo son las descargas de ríos, las zonas estuarinas y las surgencias (Baumgartner *et al.*, 2001). Es debido a dicha productividad que la abundancia relativa de toninas costeras/hora, que se obtuvo en este estudio es una de las más altas que se han reportado en otras regiones costeras de México, inclusive similares a los de la Laguna de Términos (Bazúa y Delgado, 2014), que es considerado como un lugar de alta actividad, gran diversidad y alta abundancia biológica (Ayala-Pérez *et al.*, 2003).

9.1 Descripción de los ecotipos

Como se ha señalado anteriormente, en el Golfo de California existen dos ecotipos de toninas, las cuales presentan diferencias en la morfología, en la dieta y hasta en los tipos de parásitos que contienen (Walker, 1981; Hersh y Duffield, 1990). Díaz-Gamboa (2003) y Gallo-Reynoso (*com. Pers.*) definieron a los dos ecotipos de toninas (costero y oceánico) en el Golfo de California. En este estudio las características que ellos mencionaron fueron corroboradas con base en los avistamientos y las fotografías que se hicieron de las toninas que fueron útiles para observar con más detalle las diferencias morfológicas antes citadas, permitiendo discriminar entre ecotipos en el campo.

Con respecto al hábitat en donde se distribuyeron, se observó que el ecotipo costero se encontró en aguas cálidas y de poca profundidad, formando grupos pequeños de hasta algunas decenas, a diferencia del ecotipo oceánico que habitó en aguas más templadas y formando grupos grandes de hasta algunos cientos de individuos, como se había observado en algunos otros estudios (Eisfeld, 2003; Vázquez-Castán *et al.*, 2009). En contraste, la descripción de los ecotipos realizada en este estudio no concordó con la de

las toninas del Atlántico Noroeste reportada por Hersh y Duffield (1990), quienes mencionaron que la forma oceánica es más grande, con rostro más corto y aletas pectorales más pequeñas. Al parecer las características de las toninas costeras y oceánicas son inversas entre el Océano Pacífico y el Atlántico (Hersh y Duffield, 1990; Van Waerebeek *et al.*, 1990).

9.2 Distribución y Abundancia relativa

9.2.1 Distribución

Las manadas de toninas costeras durante este estudio se encontraron en toda la zona de la Bahía de las Guásimas, por lo que se puede interpretar que esta región contó con los requerimientos necesarios de protección y alimentación, para que las manadas de toninas pudieran permanecer ahí. Sin embargo, se observó una mayor densidad de manadas en dos zonas dentro de la zona de estudio: la primera en la boca de la Bahía de las Guásimas; la segunda y más importante se registró en la boca del estero Los Algodones (**Figura 24**), por lo que es probable que las características ambientales que se encuentran en las bocas de los esteros, como el flujo de agua, arrastre de nutrientes, sedimentos y dispersión de especies presas favorecieron la aparición de las manadas de toninas en esa zona.

En el estero Los Algodones existe una desembocadura de un ramal del Río Yaqui; al mezclar dos masas de agua, las de origen epicontinental aportadas por los ríos y las de origen marino por medio de bocas naturales o artificiales, se generan uno de los sistemas estuarinos más ricos de México y junto con la morfología y dinámica de las corrientes del Golfo de California, permitiendo un hábitat adecuado de reclutamiento y crecimiento para muchas especies marinas, incluyendo las toninas (Acevedo, 1991; De la Lanza *et al.*, 1991; Vázquez-Castán *et al.*, 2009; Marcín-Medina, 2010; Guevara-Aguirre, 2011; Valdes-

Arellanes *et al.*, 2011). Además se ha reportado que los sistemas estuarinos no sólo aportan una elevada productividad primaria, sino que también son utilizados como zonas de protección, alimentación y crianza de muchas especies marinas; en el caso específico de los esteros de la Laguna de las Guásimas, éstos presentan una riqueza de peces muy elevada, principalmente especies de fondos blandos y ambientes tropicales (Cubero, 2007; Patiño Valencia *et al.*, 2008; Guevara-Aguirre, 2011; Padilla-Serrato, 2016).

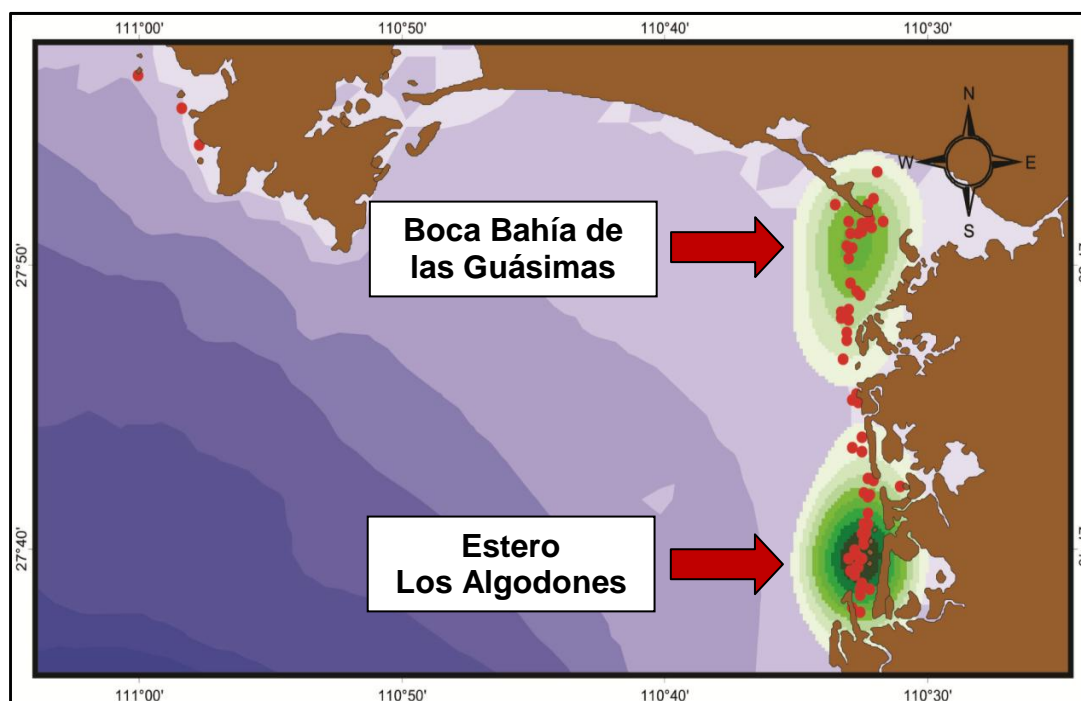


Figura 24. Zonas de mayor densidad de manadas de toninas costeras señalando la desembocadura de un ramal del Río Yaqui y la boca de la Bahía de las Guásimas.

En relación con las manadas de toninas oceánicas, la mayor densidad de manadas se observó en la parte sur de la Isla San Pedro Nolasco, en donde Pérez y Sosa (2014) corroboraron en un estudio de batimetría, la existencia de una zona de menor profundidad en la parte sur de la Isla San Pedro Nolasco a la que se denominó “el bajo”, mencionando que esta zona es muy importante para la distribución de los mamíferos marinos, ya que se ha reportado la presencia de 14 de estas especies. Las estructuras como los bajos, son capaces de modificar las condiciones oceanográficas de la zona, ya que este bajo induce una surgencia que lleva agua rica en nutrientes a la columna de agua, incrementando la

productividad primaria (Fayos *et al.*, 2000; De la Lanza, 2004; COBI, 2014; Gallo-Reynoso *com. Pers.*).

Se ha observado que la presencia de toninas en la Isla San Pedro Nolasco se da principalmente en lugares que presentan una mayor concentración de clorofila (Pérez y Sosa, 2014), y su distribución está influenciada por los movimientos de sus presas, el fondo y los relieves marinos (Jaquet y Gendron, 2002; Guevara-Aguirre, 2011) distribuyéndose principalmente en zonas menores a los 150 m (Baumgartner, 2001; Cañadas *et al.*, 2002; Segura *et al.*, 2006). Lo anterior concuerda con lo encontrado en este estudio, en donde la mayor densidad de toninas oceánicas ocurre en los alrededores de la Isla San Pedro Nolasco y en profundidades menores a los 100 m (**Figura 25**).

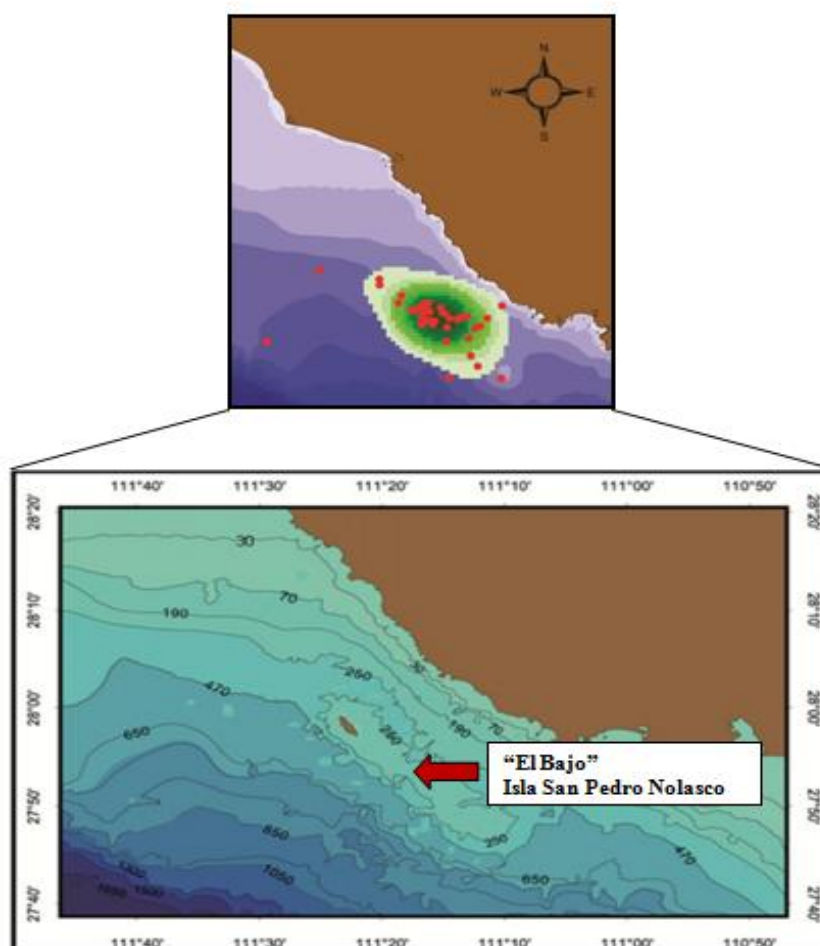


Figura 25. Batimetría del área marina de la Isla San Pedro Nolasco indicando la zona de “el bajo”. Tomado de Pérez y Sosa (2014)

9.2.2 Abundancia relativa total

En este estudio se observó que el ecotipo oceánico presentó una mayor abundancia relativa en el número de individuos, pero una menor abundancia relativa en el número de manadas en comparación con el ecotipo costero. Esto se puede explicar debido al tipo de asociación que presentan los individuos de ambos ecotipos, ya que se ha descrito que las manadas de toninas costeras son más pequeñas en promedio (6.1 toninas/manada), mientras que las asociaciones de manadas de toninas oceánicas son más grandes en promedio (48.5 toninas/manada) (Ballance, 1992; Defran y Weller, 1999; Segura *et al.*, 2006); sin embargo es importante mencionar que en este estudio para encontrar al ecotipo oceánico se realizó un mayor esfuerzo de búsqueda (en una proporción de 3 a 1; oceánicas= 95:22 h, costeras= 36.49 h). Esto posiblemente se deba a que las toninas oceánicas no se encuentran asociadas a estructuras geomorfológicas o son residentes de algún área en específico, incrementando así el área donde se distribuyen, y por lo tanto se incrementa el tiempo de esfuerzo de búsqueda.

Esta variación en el tamaño de los ecotipos de manadas posiblemente se deba principalmente a la disponibilidad del alimento y a las presiones de depredación, ya que como hemos mencionado las zonas costeras son más productivas que las zonas oceánicas, lo que se traduce en una mayor cantidad de alimento para las toninas en la zona costera, por lo que no necesitan de manadas tan grandes para encontrar y capturar a sus presas. Sin embargo, en mar abierto en donde la mayoría de los peces y calamares se asocian para protegerse de sus depredadores y en donde las toninas no tienen un sustrato fijo en donde acorralar a sus presas, las toninas se mezclan con otro tipo de odontocetos (Scott y Chivers, 1990; Herzing y Johnson, 1997) para incrementar el número de individuos en la captura, y así también incrementar el uso de las habilidades de captura y poder detectar y controlar los parches de peces y calamares para alimentarse (Norris y Dohl, 1980) (**Figura**

26). Los cuales realizan migraciones fóticas con la capa de dispersión todos los días, ascendiendo durante la noche y descendiendo a mayor profundidad durante el día.

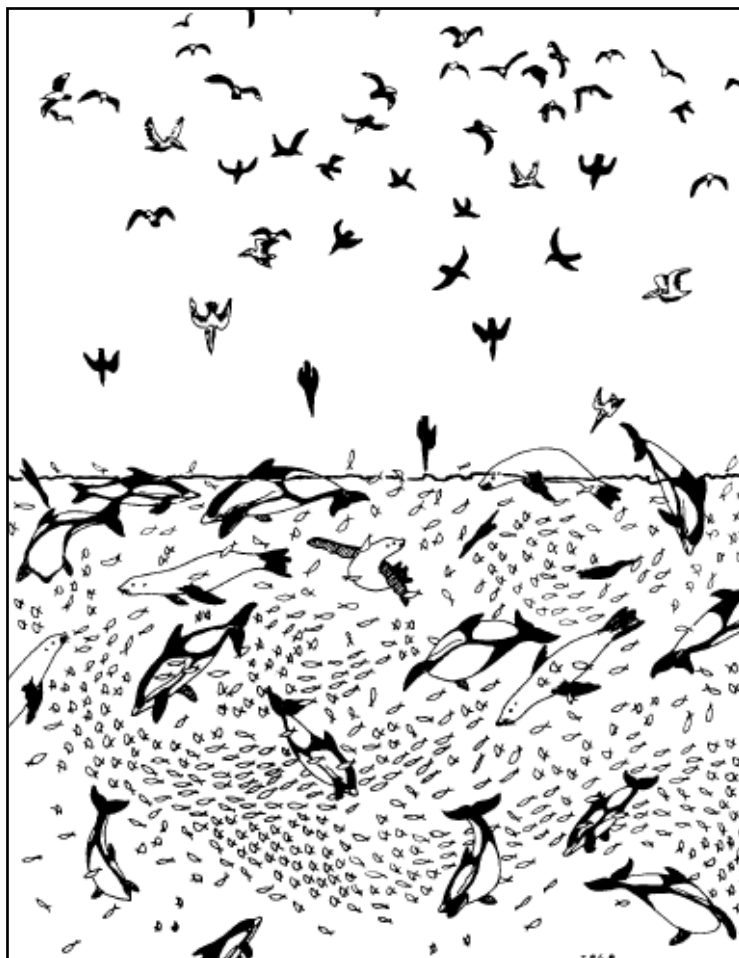


Figura 26. Ilustración tomada de Gallo-Reynoso (1991) en donde se observa el tipo de alimentación cooperativa utilizada por muchos odontocetos en este caso del delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*).

El tamaño de las manadas sirve como una estrategia de alimentación, además de que puede funcionar como estrategia de defensa contra los depredadores, ya que existen numerosos estudios sobre una gran variedad de especies animales incluidas las toninas, que han demostrado que al incrementar el tamaño de la manada también incrementa la seguridad contra los depredadores; en el caso de las toninas, contra los ataques de tiburones o de orcas. Debido a lo anterior es posible que el tamaño de las manadas sea

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

proporcional a las presiones de depredación de cada área geográfica, en este caso una zona costera y una zona oceánica (Wells *et al.*, 1980; Scott y Chivers, 1990).

En este estudio, la abundancia relativa total que se registró para ambos ecotipos es de las más altas en las costas mexicanas; comparables con la abundancia relativa de las toninas costeras de la Laguna de Términos en Campeche (13.6 toninas/hora) (Delgado, 2002; Bazúa y Delgado, 2014), que es considerado como un lugar de alta actividad, gran diversidad y alta abundancia biológica (Ayala-Pérez, 2003) (**Cuadro 22**). Estos valores tan altos de abundancia se deben a la alta productividad primaria que presenta el Golfo de California. La mayoría de estos estudios se han realizado en zonas costeras de México y el valor más alto de abundancia relativa reportado en este cuadro fue obtenido para las toninas oceánicas, que como se observó, se debe a las características asociativas de este ecotipo, encontrando grupos de varios cientos de individuos (Würsig y Würsig, 1979).

Cuadro 22. Abundancia relativa de toninas en diferentes zonas de México, en negritas se destacan los valores más altos registrados. Cuadro modificado de Bazúa y Delgado, 20014

Abundancia relativa		
Autor	Área de estudio	Toninas/h navegada
Heckel (1992)	Laguna de Tamiahua, Veracruz	3.8
Delgado (2002)	Costas de Tabasco	3.8
Delgado (2002)	Laguna de Términos, Campeche	10.7
Bazúa y Delgado (2014)	Laguna de Términos, Campeche	13.6
Delgado (2002)	Celestún, Yucatán	1.4
Delgado (1996)	Laguna de Yalahau, Q. Roo	3.4
Ortega (1996)	Bahía de la Ascensión, Q. Roo	1.1
Este estudio (costeros)	Bahía de las Guásimas, Sonora	12.27
Este estudio (oceánicos)	Cuenca de Guaymas, Sonora	22.89

9.2.3 Estacionalidad

En algunos estudios se ha reportado que existe una relación directa entre la densidad de manadas de toninas y la productividad primaria (Heckel, 1992; Escatel, 1997; Pardo, 2009), encontrando una mayor densidad de individuos en lugares que presentan una alta productividad primaria, como la Cuenca de Guaymas en el Golfo de California. Esta zona se encuentra influenciada principalmente por los patrones de viento y presenta una variación estacional marcada en la temperatura y en la productividad primaria, debido a la circulación superficial del agua, que entra durante primavera y verano, y sale durante el otoño y el invierno (Roden, 1964; Arias-Aréchiga, 1998; Lluch-Cota y Arias-Aréchiga, 2000).

En el Golfo de California durante el invierno se presenta un flujo geostrófico predominante con dirección hacia el sureste, justamente cuando los vientos soplan del noroeste, paralelos a la costa oriental del golfo, ocasionando un transporte neto de las aguas superficiales hacia afuera de la costa produciendo fuertes surgencias en la parte continental, que provoca un enriquecimiento de nutrientes en la columna de agua, que es aprovechado por el fitoplancton (Maluf, 1983; Santamaría-Del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994). Durante el verano (época de lluvias) y principios del otoño la circulación del flujo geostrófico se invierte y coincide con la circulación generalizada del golfo para esa época. Los vientos son débiles y provenientes del sureste, permitiendo que el agua superficial del Pacífico Oriental Tropical (caliente y oligotrófica) penetre en el golfo por lo menos hasta la zona de las grandes islas (Roden y Groves, 1959; Bray y Robles, 1991), generando una surgencia en el lado peninsular con efectos más débiles sobre el fitoplancton, debido a que en el verano el agua se encuentra mucho más estratificada, ya que las aguas superficiales se calientan con el calor intenso y es más difícil homogeneizar la columna de agua, lo que

se traduce en el agotamiento de nutrientes por encima de la termoclina, que es menos profunda (Santamaría-Del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994; Thunell, 1998).

Debido a estas condiciones oceanográficas tan particulares del Golfo de California, en este estudio se observó una estacionalidad en ambos ecotipos, pero solo si se toma en cuenta el número de individuos de toninas, pero no ocurre si se toma en cuenta el número de manadas. Esto quiere decir que durante todo el año de muestreo el número de manadas que se encuentran en las dos áreas de estudio se mantiene constante. En el caso de los individuos de toninas costeras, los resultados de abundancia indican que las temporadas climáticas de primavera, otoño e invierno presentan una abundancia similar siendo la primavera la estación con mayor número de toninas avistadas, mientras que el verano presenta la abundancia relativa más baja del estudio. Este resultado se confirmó con lo obtenido con la prueba de razón de similitud que indicó que el conteo esperado de individuos costeros no sería el mismo estacionalmente, siendo el verano la estación que se diferenciaba de las otras tres estaciones.

Estos resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por Pardo (2009) en la Bahía de la Paz, quien reportó que durante la primavera se encontró la mayor cantidad de toninas, sin embargo en este estudio y en el de Marcín-Medina (2010) el verano también fue una estación de abundancia elevada, a diferencia de nuestro estudio. Lo anterior posiblemente se deba a que durante el verano se presenta una surgencia importante del lado de Baja California en donde es posible que las toninas aprovecharon la disponibilidad de presas que se genera (Santamaría-Del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994; Thunell, 1998). Sin embargo, en un estudio previo en la Laguna de las Guásimas, Gallo-Reynoso *et al.* (2006) reportaron la observación de pocos individuos durante el verano, lo cual podría deberse a que al final de la primavera e inicio del verano, amanece más temprano, también referido por los pescadores de la localidad, en donde en la madrugada las toninas se

encuentran cerca de costa y se alejan en el transcurso de la mañana hacia aguas más profundas, dispersándose en un mayor número de grupos.

En estudios realizados en el Golfo de México se ha observado una estacionalidad diferente a la encontrada en este estudio (Escatel, 1997; Delgado, 2002; Bazúa y Delgado, 2014), debido a que se ha encontrado una mayor abundancia relativa de toninas en la temporada de lluvias durante el verano; sin embargo es importante mencionar que estos estudios fueron realizados en regiones más ecuatoriales, en donde debido a la temporada de lluvias los numerosos ríos aportan una cantidad importante de nutrientes al sistema haciéndolos más fértiles y productivos; mientras que la laguna costera de las Guásimas tiene la característica de recibir escasos aportes de agua dulce lo que produce gradientes muy altos de salinidad actuando principalmente como un anti-estuario (Gallo-Reynoso *et al.*, 2006).

Como se mencionó antes durante el verano los vientos que predominan en el GC son los provenientes del sureste, propiciando una entrada de agua del Pacífico nororiental que es oligotrófica y caliente (Bray y Robles, 1991), lo que produce un decremento en la productividad primaria y por consiguiente una disminución de alimento para las posibles presas de las toninas, a diferencia de la primavera y el invierno en donde se presentan las surgencias más fuertes en el lado continental (Lara-Lara *et al.*, 2007). Debido a esto, es posible encontrar una mayor abundancia de toninas durante la primavera, el invierno y el otoño, ya que en estas estaciones, la productividad primaria medida como concentración de clorofila fue bastante alta en comparación con el verano ($1.4 \pm 0.1 \text{ mg/m}^3$).

Esta estructura de abundancia fue similar si se analiza el número de manadas avistadas, en donde en el verano la cantidad de manadas fue baja, con la diferencia que en el otoño fue en donde se observó un mayor número de manadas. Sin embargo el tamaño de las manadas indica que las más numerosas son las observadas durante la primavera (7.8

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

individuos/manada) mientras que en el otoño y el invierno el tamaño de las manadas disminuyó (5.7 individuos/manada). Durante el verano el número de individuos por manada fue de 4.6. Esto puede deberse a que las toninas costeras de Las Guásimas disminuyen el tamaño de la manada como estrategia de alimentación en la temporada menos productiva (verano) (Santamaría-del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994); Por otro lado, en la primavera e invierno, que son las temporadas altamente productivas, el número de individuos por manada se incrementa, debido a que la facilidad de encontrar alimento y que durante esta temporada la región de las Guásimas pueda tener una mayor capacidad de carga (Gallo-Reynoso *et al.*, 2006).

Las toninas oceánicas que habitan en la Cuenca de Guaymas del Golfo de California presentaron una abundancia relativa similar en el número de individuos durante las estaciones climáticas de invierno, otoño y verano. El invierno fue la estación con un mayor valor de abundancia (51.43 individuos/hora), mientras que la abundancia relativa en la primavera fue considerablemente más baja, a pesar de ser la estación con mayor esfuerzo de búsqueda. Estos resultados se corroboraron con la estadística de prueba de la razón de verosimilitud que indicó que el conteo esperado de individuos oceánicos no sería el mismo estacionalmente, siendo la primavera la estación que se diferenciaba de las otras tres estaciones.

Esta distribución estacional de las toninas oceánicas es posible que esté en función de la productividad primaria y de la distribución de su alimento, ya que se ha descrito que la distribución de la mayoría de los mamíferos marinos está en función de la distribución de sus presas (Jaquet y Gendron, 2002; Gallo-Reynoso *et al.*, 2009; Guevara-Aguirre, 2011). En específico, se sabe que las toninas oceánicas se alimentan principalmente de peces epipelágicos y cefalópodos, asociados a zonas altamente productivas (Cockcroft y Ross, 1990), por lo que la máxima abundancia reportada para el invierno (51.43 individuos/hora),

es probable que se deba a que en esta temporada climática las surgencias son más fuertes incrementando la productividad primaria, principalmente en las costas de Sonora (Santamaría-del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994; Arias-Aréchiga, 1998; Lluch-Cota y Arias-Aréchiga, 2000).

Los valores más bajos en la abundancia relativa registrados durante la primavera en la parte oceánica de la Cuenca de Guaymas (**Figura 19A**), se debe a que en esta estación climática, las toninas oceánicas se acercaron a la plataforma continental, ya que durante los meses de marzo y abril (primavera) los calamares gigantes (*Dosidicus gigas*) de tallas entre los 18 y 25 cm migran del centro del golfo hacia las zonas costeras y durante mayo (primavera) la concentración de calamares, de entre 35 y 60 cm de longitud, en la zona costera ya es notable (Ehrhardt *et al.*, 1986). Debido que el ecotipo oceánico tiene un nivel trófico similar al de los cachalotes (Díaz-Gamboa, 2003), es posible que la distribución de las manadas de toninas esté siendo determinada de manera indirecta, por la distribución del stock de calamar gigante y de la alimentación sobre las mismas especies de peces de aguas medias, mictófidios y calamares de tallas pequeñas.

En relación con el número de manadas, de igual manera se observó que las estaciones climáticas de invierno, verano y otoño mostraron una abundancia similar siendo el otoño la estación con una mayor abundancia de manadas observadas, valor similar al obtenido para el invierno, con la diferencia de que en esta temporada se necesitó un menor esfuerzo de búsqueda (casi de la mitad del tiempo 13:24 h), además de que durante el invierno se observaron manadas más grandes en promedio (75 individuos/manada). Esto posiblemente se pueda explicar debido a la gran cantidad de peces epipelágicos, como la sardina y la anchoveta, que aprovechan la alta productividad primaria de la estación para alimentarse y que juegan un rol importante en la ecología de la región, ya que representan una importante fuente de alimento para los mamíferos marinos con hábitos pelágicos (Gallo-

Reynoso, 1991). Como las toninas oceánicas no tienen un sustrato fijo, acorralan a sus presas en la superficie ejerciendo una captura cooperativa, que incrementa la posibilidad de captura y disminuye el gasto energético (Würsig y Würsig, 1979); caso similar al observado con el delfín común de rostro largo, *Delphinus delphis (sic)* (Gallo-Reynoso, 1991).

Cuando comparamos estacionalmente ambos ecotipos observamos que en las estaciones de verano, otoño e invierno se van a observar valores semejantes en el número de manadas entre ecotipos, sin embargo, sí existe diferencia en términos de individuos (siempre mayor en oceánicas). Esto es posiblemente a las diferencias en el tipo de alimentación y la manera de capturar a sus presas. Sin embargo la estación climática de primavera se está comportando de manera atípica, debido a que se ha reportado por Ballance (1992) y Defran y Weller (1999) que las manadas oceánicas son más grandes que las costeras y en esta estación tenemos la misma probabilidad de encontrar el mismo número de individuos en las dos poblaciones.

9.3 Uso de hábitat

9.3.1 Comportamiento de las toninas

Se ha observado que los patrones de actividad de las toninas puede cambiar estacional y espacialmente, dependiendo del hábitat en donde los animales son estudiados, y están influenciados por variables ecológicas y/o ambientales, como pueden ser el cambio en la distribución y abundancia de sus presas, la hora del día, la profundidad del agua, la topografía del fondo, el flujo de la marea y también por las actividades humanas (Shane, 1991). Estas características pueden diferenciar al hábitat en muchos micro-hábitats, ya que algunos les pueden otorgar protección contra los depredadores, mientras que otros les pueden proporcionar concentraciones de mayor cantidad de alimento, lo que ocasiona que

los organismos se distribuyan en estos micro-hábitats en función de su uso (Ballance, 1992).

Toninas Costeras: En este estudio las toninas costeras se distribuyeron utilizando toda la zona de estudio y se observó que los comportamientos de descanso y social se presentaron durante la tarde y al medio día correspondientemente, y que es la temperatura superficial la variable que determina la aparición de este comportamiento. Esto concuerda con lo reportado por Marcín-Medina (2010) quién también mostró que es la temperatura la que influye en la aparición del comportamiento de descanso en las toninas de la Bahía de La Paz; también menciona que este comportamiento se encuentra con una temperatura cálida (25-27°C). En el presente estudio, la temperatura promedio del agua fue de 25.3°C sin embargo el GLM nos indica que la temperatura superficial y el comportamiento de descanso tienen una relación negativa, *i.e.* que este comportamiento se presentará cuando la temperatura sea más baja, esto posiblemente a que la temperatura del agua más alta fue de 32°C pero solamente se reportaron cuatro manadas con temperaturas arriba de los 30°C.

Durante este estudio 30 manadas fueron avistadas en comportamiento de descanso, siendo los adultos la categoría que más individuos presentó (94 ± 1.80 individuos), mientras que el comportamiento social se presentó solo en siete manadas, de los cuales la categoría de juveniles es la que mayor número de individuos presentó (23 ± 2.04 individuos). Las toninas en comportamiento de descanso se distribuyeron por toda el área de estudio mientras que las que se encontraban en comportamiento social se distribuyeron en las bocas de los sistemas estuarinos de la Bahía de las Guásimas, esto posiblemente se deba a que estos sistemas les proporcionan a las toninas costeras protección contra posibles depredadores (Ballance, 1992).

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

El comportamiento de alimentación en las toninas costeras se presenta principalmente durante las mañanas, en donde las variables que determinan su aparición son la visibilidad y la salinidad, teniendo una mayor probabilidad de encontrar este comportamiento en lugares con baja visibilidad y baja salinidad. Esto concuerda con lo reportado por Guevara-Aguirre (2011) en las toninas de Laguna de Términos, en donde encontró que la presencia de toninas ocurre en lugares con una baja visibilidad, debido a que la distribución de sus presas es en lugares que presentan una mayor turbidez por la descarga de los ríos; además de que la poca visibilidad no es un inconveniente para que las toninas puedan alimentarse, debido a que utilizan su sistema acústico de manera activa para detectar a sus presas y su entorno, probablemente similar a lo observado en la Laguna de Términos, en donde las toninas generan una gran cantidad de trenes de ecolocalización a la hora de alimentarse (Bazúa-Durán y Herrera-Hernández, 2007).

Este tipo de comportamiento también se presentó en la Bahía de las Guásimas, en donde era evidente la cantidad de sonidos que emitían las toninas. En este estudio se registraron 27 manadas y la categoría con mayor número de individuos realizando esta actividad fueron los adultos (98 ± 3.77 individuos). La distribución de las manadas ocurrió en toda la zona de estudio, pero principalmente en la boca de la bahía y en el estero Los Algodones, en donde la visibilidad y la salinidad disminuyen debido a las corrientes generadas por la boca de la bahía y la entrada de agua del Río Yaqui. Esta distribución en zonas estuarinas y bocas de lagunas ya se habían reportado por Ballance (1992), Cubero (2007) y Guevara-Aguirre (2011), quienes indicaron que las manadas de toninas se distribuyen cerca de las bocas de los estuarios, ya que las utilizan como lugares de alimentación debido a la alta productividad que se genera en estas zonas.

Finalmente el comportamiento de tránsito se observó durante las mañanas y la probabilidad de que las toninas se encuentren en tránsito se incrementó en lugares

alejados a la línea de costa, en donde la pendiente del fondo y la salinidad aumentan debido a la presencia del talud continental y a la baja influencia de las entradas de agua dulce. Lo anterior concuerda con lo reportado por Ballance (1992) en Bahía de Kino, quien encontró que las toninas costeras de esa zona presentaban este comportamiento alejados de la línea de costa (> 5 km), por lo que es posible que estas características no favorezcan la presencia de presas de las toninas y por lo tanto viajan para conseguir alimento o lugares de descanso.

Toninas Oceánicas: Estas se distribuyeron en toda el área de estudio, pero principalmente en los alrededores de las islas San Pedro Nolasco y San Pedro Mártir, y se observó que los diferentes comportamientos que presentaron las toninas estuvieron determinados por algunas variables ambientales y por la hora del día.

El comportamiento de descanso apareció principalmente durante la tarde entre las 15 y 18 horas, y la probabilidad de encontrar este comportamiento se incrementa en lugares con menor profundidad y en aguas azules. Esto posiblemente se deba a que las aguas azules indican una baja concentración de clorofila, por lo que es posible que no exista mucha disponibilidad de alimento que pueda ser aprovechado por las toninas (Santamaría-del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994), así como también los lugares con menor profundidad y buena visibilidad podrían proporcionar a las toninas una zona de protección contra algunos depredadores como los tiburones, debido a que la luz puede penetrar en estas profundidades y es más fácil el visualizar a los depredadores. En el presente estudio se encontraron nueve manadas en descanso, siendo la categoría que presentó el mayor número de individuos el de los adultos (342 ± 58.32 individuos). Esto último puede deberse a que los individuos entre más edad tienen, el comportamiento social disminuye incrementando el de descanso.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

El comportamiento social en las toninas oceánicas se presenta principalmente de las 12:00 a las 15:00 horas, en lugares con poco oleaje, esto posiblemente se deba a que en este horario las toninas ya se habían alimentado y pueden utilizar el tiempo para el esparcimiento, además de que las condiciones de poco oleaje del mar son idóneas para socializar. En este estudio se encontraron 13 manadas realizando este comportamiento, siendo la categoría de juveniles la que presentó el mayor número de individuos (175 ± 21.01 individuos). Este hallazgo era esperado debido a que en general los organismos juveniles son los más curiosos y como ya no necesitan el contaste resguardo del grupo, pueden realizar esta actividad de manera habitual en pequeños subgrupos (Gallo-Reynoso *Com. pers.*).

Con respecto al comportamiento de alimentación se observó que las toninas oceánicas se alimentan muy temprano y por la noche (6:00-9:00h – 18:00-21:00h), donde la mayor probabilidad de aparición de este comportamiento fue cuando la profundidad se incrementó. El horario en el que se alimentan posiblemente está relacionado con la migración vertical diaria de algunos eufáusidos y mictófidios, ya que se ha observado que durante las primeras horas del día algunas especies se distribuyen superficialmente y conforme va avanzando el día su distribución es en aguas más profundas, reduciendo la mortalidad ocasionada por depredadores que puedan localizarlos de manera visual que habitan aguas superficiales y evitando los rayos ultra-violeta (UV) del sol. Al llegar la noche los eufáusidos y los mictófidios migran nuevamente hacia las capas superficiales más productivas para alimentarse de fitoplancton y zooplancton (Spicer *et al.*, 1999; Tremblay, 2008). Esta migración pudiera estar siendo aprovechada por las toninas que se alimentan en las capas superficiales de la columna de agua, aprovechando los peces linterna (mictófidios) y pelágicos menores (sardina y anchoveta) que se alimentan de los eufáusidos.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

Este comportamiento de alimentación aparece en lugares con mayor profundidad (entre 400 y 800 m), posiblemente debido a que el ecotipo oceánico presenta un nivel trófico similar a los juveniles de los cachalotes (*Physeter macrocephalus*) (Díaz-Gamboa, 2003) y de las ballenas piloto (*G. macrorhynchus*) (Gallo-Reynoso 1984), con los cuales se llega a asociar, ya que se alimentan principalmente de peces pelágicos y de calamar gigante (*D. gigas*), quienes presentan una mayor abundancia en su distribución a partir de la isobata de los 600 m (Gendron, 2000; Gallo-Reynoso *et al.*, 2009). Durante este estudio se encontraron siete manadas en este comportamiento, siendo los adultos (119 ± 16.84 individuos) la categoría con mayor número de individuos como era de esperarse, ya que como se mencionó anteriormente, por el tipo de captura cooperativa que realizan, los individuos adultos son los encargados de coordinar estos grupos de alimentación mediante silbidos (Janik *et al.*, 2006).

El análisis de correspondencia nos indica que el comportamiento de tránsito aparece después del comportamiento de alimentación, en lugares con alta temperatura superficial ($> 25^{\circ}\text{C}$), en aguas verdesas y con pendientes pronunciadas ($> 30^{\circ}$), posiblemente porque estas características no favorecen la distribución de posibles presas de las toninas, ya que la productividad primaria incrementa con temperaturas de agua menores, y fue en el verano cuando existe una incursión de agua caliente y oligotrófica del Pacífico cuando se presentó la mayor frecuencia de este comportamiento (Álvarez-Borrego, 2002; Pérez-Arvizu *et al.*, 2013), por lo que es posible que estos lugares puedan ser usados como rutas de búsqueda de alimento o de descanso. En este estudio se observaron 16 manadas de toninas en dicho comportamiento y la categoría con más individuos fueron los adultos (246 ± 36.31 individuos)

9.4 Caracterización del hábitat de los ecotipos de toninas

Se ha reportado que la heterogeneidad del hábitat y los requerimientos biológicos de las especies pueden promover la generación de patrones de distribución y del uso del hábitat, que propicia la diferenciación y especiación de muchas poblaciones de especies, incluyendo a los mamíferos marinos (McNab, 1963; Hoelzel, 1998). Los casos de polimorfismo encontrados en este estudio, entendido como los dos ecotipos de toninas (coterero y oceánico) apoyan la hipótesis del hábitat local, la cual, promueve la diferenciación de la población en ausencia de barreras físicas, debido a que las especializaciones intra-específicas reflejan un uso diferencial del hábitat.

Los cetáceos presentan una compleja variación espacio-temporal en su distribución, asociada principalmente a las condiciones oceanográficas, así como la geomorfología del suelo marino (geología estructural, topografía y tipo de sedimento) y a las condiciones hidrodinámicas, que les otorgan características específicas en su hábitat para la reproducción, alimentación y crianza, (Ward y Moscrop, 1999). Las toninas pueden ocupar ambientes ecológicos tanto costeros como oceánicos (Rice, 1998; Wells y Scott, 2002), siendo las variables ambientales más importantes la temperatura, la salinidad, la profundidad, el tipo de sedimento y la distancia a la costa que harán que difieran de un hábitat a otro (Ballance, 1992; Baumgartner *et al.*, 2001; Morteo *et al.*, 2004; May-Collado y Morales, 2005; Cabrera Arreola y Ortiz Wolford, 2007; Cubero, 2007; Guevara-Aguirre, 2011).

En este estudio, las variables importantes que diferenciaron el hábitat de las toninas costeras y oceánicas de la parte oriental de la Cuenca de Guaymas en el Golfo de California fueron la pendiente del fondo, la concentración de clorofila, la distancia a la costa y el color del mar. Las variables concentración de clorofila y distancia a la costa influyen en la presencia de los dos ecotipos de toninas, mientras que la pendiente del fondo influye

solamente en las toninas oceánicas, y el color del mar influye solamente en las toninas costeras.

La distancia a la costa es una variable que se utilizó para determinar si los ecotipos de toninas se encontraban sobre la plataforma continental o si su distribución se daba a partir del talud continental de acuerdo con la batimetría de la zona. En relación con las toninas costeras, esta variable, indicó que a mayor distancia de la costa hay mayor probabilidad de encontrarlas ($\bar{x}=0.9 \pm 0.6$ km). La mayor distancia a la costa reportada para las toninas costeras fue de 2.5 km, esto concuerda con lo reportado por Martínez-Serrano *et al.* (2011), quienes indicaron que en el estado de Veracruz las manadas de toninas se encontraron en promedio a 2.5 km de la costa, sin embargo, en el Golfo de México la plataforma continental es más extensa (80-37 km de norte a sur) (De la Lanza, 1991) que en la región central del Golfo de California, en donde es de apenas cinco kilómetros (Lugo, 1986). La distribución de las toninas costeras de la Bahía de las Guásimas fue por sobre la plataforma continental, como lo reportó Ballance (1992) en Bahía Kino, quien menciona que la distribución de las manadas es a menos de cinco kilómetros de la línea de costa, y a pesar de que la profundidad no fue una variable que determinó la aparición de las toninas costeras, se conoce que entre más lejos de la costa, la profundidad aumenta, ya que como mencionan Cubero (2007) y Guevara-Aguirre (2011) las toninas costeras se distribuyen en aguas más profundas.

Las toninas oceánicas mostraron una relación negativa respecto a la distancia a la costa, *i.e.* a menor distancia a la costa existe una mayor probabilidad de encontrarlas, aunque es importante mencionar que la distancia promedio a la que se encontraron fue de 23.79 km y un valor mínimo de 2.6 km. Este dato difiere a lo reportado por Segura (2004), quien indicó que las toninas oceánicas se encontrarán más alejadas a la costa en lugares donde la profundidad sea superior a los 300 m. Sin embargo la mayor densidad de

avistamientos fue en los alrededores de la Isla San Pedro Nolasco. Esta isla se encuentra aproximadamente a 15 km de la línea de costa, además de que la zona central de las costas de Sonora presenta una plataforma continental muy estrecha de aproximadamente cinco kilómetros, por lo que entre la isla y la costa se encuentra un canal de aproximadamente 300 m de profundidad, además de que en los alrededores de la Isla San Pedro Mártir existen profundidades superiores a los 300 m, por lo que las toninas oceánicas se distribuyeron fuera de la plataforma continental en grandes profundidades, y a partir del talud continental como lo reportó Segura (2011).

La concentración de clorofila fue otra variable que determinó y diferenció la presencia de ambos ecotipos. En el caso de las toninas costeras, la relación negativa que existió de la presencia de estos individuos con la concentración de clorofila no concuerda con lo reportado por Medrano y Urbán (2002), quienes indicaron que las toninas y los mamíferos marinos en general van a estar relacionados con lugares de alta productividad primaria, como lo son las bocas de los estuarios y lagunas costeras, ya que estos lugares cuentan con un mayor número de presas. En el caso del color del mar, que también fue una variable importante en la presencia de las toninas costeras, indicó que la distribución de las toninas costeras es principalmente en lugares en donde el flujo de agua que va de tierra firme a la costa es intenso, como lo son las descargas de los ríos.

Debido a esto el ecotipo costero se distribuyó principalmente en lugares con aguas con un valor mayor de 15 en la escala de Forel-Ule (muy cafés), éstos lugares tienen un aporte de terrígenos y una gran cantidad de peces de esteros, convirtiéndose en el principal factor ambiental que determina y afecta a las zonas costeras ya que por ellos ingresan cargas importantes de nutrientes, así como de componentes orgánicos e inorgánicos (elementos traza), tanto en forma disuelta como en forma particulada a las áreas costeras. Además contribuye al desarrollo de ecosistemas de alta productividad

biológica como lo son: manglares, marismas, lagunas costeras y otros humedales (Chester, 1990). El color de mar, según la escala Forel-Ule, describe la transparencia del agua y por lo tanto también ayuda a clasificar la actividad biológica bruta. En el caso de las toninas costeras de las Guásimas, los valores que dominaron fueron los pertenecientes a la escala Ule, que están destinados a aguas turbias con gran cantidad de diatomeas, por lo que de manera indirecta el color del mar indica que el ecotipo costero se presenta en lugares muy productivos, al menos localmente (Aguirre, 2002).

Por otra parte, las toninas oceánicas presentaron una relación positiva con la concentración de clorofila, lo que quiere decir que la probabilidad de encontrar toninas en lugares con una alta concentración de clorofila es alta. Esto concuerda con lo reportado por Salinas-Zacarías (2005) y Pérez y Sosa (2014), quienes encontraron que en el sureste y la zona central del Golfo de California, las toninas oceánicas están relacionadas con zonas de alta concentración de clorofila y por lo tanto de alta productividad primaria. En la zona central, la distribución de sardina Monterrey (*Sardinops caerulea*) es homogénea y se ha propuesto que en los lugares con una alta productividad primaria y bajas temperaturas (18°-24°C), se encontrará la mayor densidad de sardinas (Nevárez *et al.*, 1999), las cuales son aprovechadas directamente por las toninas.

Esta relación con la concentración de la clorofila se ha observado en muchas especies de mamíferos marinos que habitan el Golfo de California, ya que como se mencionó, la alta productividad del golfo genera una gran complejidad ecológica, creando ambientes ideales para muchas especies de mamíferos marinos, en particular de las grandes ballenas y especies que habitan ambientes más oceánicos que costeros como lo puede ser el rorcual común (*Balaenoptera physalus*), en donde una pequeña población se ha mantenido aislada reproductivamente en el Golfo de California (Urbán *et al.*, 2005).

También se ha observado que la presencia de la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) coincide con los picos de mayor surgencia y producción biológica (Gendron, 2000), de igual manera las ballenas jorobadas (*Megaptera novaengliae*) y el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) aprovechan el alimento que se distribuye en la columna de agua ocasionado por las surgencias del golfo (Medrano y Urbán, 2002). También se ha observado una relación de zonas de alta productividad primaria con algunos odontocetos como lo son el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*), que al igual que el zifio pigmeo (*Mesoplodon peruvianus*) y la orca falsa (*Pseudorca crassidens*) presentan patrones de distribución similares habitando en aguas oceánicas, con mayor afloramiento y mezcla de nutrientes que producen una gran densidad de alimento para estas especies (Hui, 1979; Reyes, 1991). Como es el caso de la Isla San Pedro Nolasco, ya que debido al bajo que se encuentra al sur de la isla, produce una surgencia física que enriquece la columna de agua de nutrientes y que es aprovechada por una gran cantidad de mamíferos marinos (Pérez y Sosa, 2014).

La pendiente del fondo fue otra variable importante en la presencia de las toninas oceánicas, ya que tuvo una relación negativa con la probabilidad de presencia de las toninas. En estudios anteriores se ha reportado que las toninas habitan por zonas escarpadas en donde la geomorfología favorece la presencia de surgencias (Pérez y Sosa, 2014; Fayos *et al.*, 2000). Sin embargo, en este estudio las toninas oceánicas se distribuyeron en lugares con bajos relieves, pero el mayor número de avistamientos se tuvo por encima del bajo de la Isla San Pedro Nolasco. Esto concuerda con lo reportado por Pérez y Sosa (2014) quien no encontró diferencias significativas entre la distribución de las toninas con la pendiente y menciona que las toninas se presentaron de manera frecuente en zonas con pendientes mayores a 22°. La batimetría es un factor que afecta a muchos odontocetos del Golfo de California además de las toninas, como en el caso del delfín

común de rostro largo (*D. capensis*), el zifio pigmeo (*M. peruvianus*) y la orca falsa (*P. crassidens*) que habitan en aguas oceánicas y sobre pendientes continentales, con un alto relieve topográfico (Hui, 1979; Reyes, 1991). También se ha observado que las ballenas piloto (*G. macrorhynchus*), los zifios de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) y de Baird (*Berardius bairdii*), se distribuyen sobre los límites entre la plataforma continental y el talud continental con un gran relieve topográfico, moviéndose de acuerdo con la distribución de su alimento, calamares, rayas y pulpos (Guerrero-Ruiz *et al.*, 2006).

10. CONCLUSIONES

- ❖ La distribución de los ecotipos de toninas ocurre principalmente en la boca de la Bahía de las Guásimas y el estero Los Algodones para el ecotipo costero, y sobre el bajo profundo al sur de la Isla San Pedro Nolasco y en el área de Isla San Pedro Mártir-Isla San Esteban para el ecotipo oceánico.
- ❖ Existe una estacionalidad para cada uno de los ecotipos por separado, en el número de individuos, pero no en el número de manadas; siendo el verano para el ecotipo costero y la primavera para el ecotipo oceánico las estaciones que tuvieron un menor número de individuos en comparación con las otras tres estaciones climáticas.
- ❖ Al comparar el número de individuos y de manadas de los dos ecotipos; la primavera fue la estación climática que presentó diferencias con respecto a las otras tres estaciones climáticas. Durante la primavera el conteo de manadas costeras es mayor que el de las oceánicas y no existió diferencia en el número de individuos de ambos ecotipos; a diferencia de lo encontrado para las temporadas: otoño, verano e invierno, en donde no hubo diferencia en el número de manadas de ambos ecotipos; sin embargo, sí existieron diferencias en términos de individuos (siempre mayor en el ecotipo oceánico).

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

- ❖ En general, las toninas costeras del Golfo de California se alimentan y transitan por la mañana, socializan al medio día y descansan por la noche. Por otro lado, las toninas oceánicas se alimentan muy temprano y por la noche, socializan al medio día, descansan por la tarde y transitan por la mañana y la tarde.
- ❖ En las toninas costeras, seis variables ambientales influyeron en el despliegue de los comportamientos (temperatura superficial, visibilidad, salinidad, color del mar, distancia a la costa y la pendiente). En el caso de las toninas oceánicas, cinco variables ambientales determinaron la presencia de los comportamientos (profundidad, color del mar, estado del mar, temperatura superficial y la pendiente del fondo).
- ❖ En ambos ecotipos, los patrones de comportamiento resultaron en correspondencia de la presencia de diferentes variables ambientales que se analizaron en cada hábitat, lo que significa que la presencia de cada ecotipo de tonina depende de su hábitat local. Las toninas costeras utilizarán la bahía de las Guásimas principalmente como zonas de descanso y alimentación aprovechando las características de poca visibilidad y baja salinidad que las desembocaduras de los ríos propician, mientras que las toninas oceánicas aprovechan los alrededores de las islas y principalmente “el bajo” de la Isla San Pedro Nolasco como zonas para socializar y descansar ya que esta área es utilizada como zona de protección por la relativa baja profundidad.
- ❖ Este estudio contribuyó a diferenciar a los ecotipos de toninas que se presentan en la parte central de la Cuenca de Guaymas, por lo que se recomienda realizar un análisis de uso de hábitat y obtener la modelación de preferencia de hábitat con diferentes poblaciones de toninas costeras y con más poblaciones de toninas oceánicas, para poder definir las causas de los patrones de distribución de ambos ecotipos.

11. LITERATURA CITADA

- Acevedo, A. 1991. Interactions between boats and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the entrance to Ensenada de La Paz, México. *Aquatic Mammals*, 17(3), 120-124.
- Aguirre, R. 2002. *Los mares mexicanos a través de la percepción remota*. México D.F., Plaza y Valdéz editores
- Álvarez-Borrego, S., Rivera, J. A., Gaxiola-Castro, G., Acosta-Ruiz, M. J. y Schwartzlose, R. A. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 5: 21–36.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. The Gulf of California. En: Ketchum, B. H. (Ed.), *Estuaries and enclosed seas*. (pp. 427-729) Elsevier Science Publications, Amsterdam.
- Álvarez-Borrego, S. y Lara-Lara, J. R. 1991. The physical environment and primary productivity on the Gulf of California. En: Dauphin J. P., Simoneit, B. (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. (pp. 555-567), American Association of Petroleum Geologists, Tulsa.
- Álvarez-Borrego, S. 2002. The Physical Scene: Physical Oceanography. En: Case. T. J., Cody, M. L. y Ezcurra, E. (Eds.), *Island Biogeography in the Sea of Cortez*, (pp. 41-59), Oxford Univ. Press.
- Arias-Aréchiga, J. P. 1998. Regionalización del Golfo de California; una propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos. Tesis de Licenciatura. UABCS, México.
- Ayala-Pérez, L. A., Ramos Miranda, J. y Gómez-Montes, B. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Revista de Biología Tropical* 51: 783-794.
- Ballance, L. T. 1992. Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science*. 8(3), 262–274.

- Barros, N. y Odell, D. 1990. Food habits of bottlenose dolphins in the south-eastern United States. En: Leatherwood, S. y Reeves, R. R. (Eds.). *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press. EE.UU, pp. 653.
- Baumgartner, M. F.; Mullin, K. D., May L. N. y Leming, T.D. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 99:219-239.
- 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
- Bazúa, D. C. y Delgado, E. A. 2014. Los tursiones, delfines de la Laguna de Términos. México. *Fomix Campeche* 19: 20-27.
- Bearzi, M. 2005. Aspects of the ecology and behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Santa Monica Bay, California. *Journal of Cetacean Research Management* 7: 75-83.
- Beron-Vera, F. J. y Ripa, P. 2002. Seasonal salinity balance in the Gulf of California, *Journal of Geophysical Research*, 107.
- Brager, S., Wursig, B., Acevedo, A. y Henningsen, T. 1994. Association patterns in bottlenose dolphins in Galveston Bay, Texas. *Journal of Mammalogy*, 75: 431-437.
- Bray, N. 1988. Termohaline circulation in the Gulf of California, *Journal of Geophysical Research*, 93, 493-5020.
- Bray, N. A. y Robles, J. M. 1991. Physical oceanography of the Gulf of California. Invited review paper, Part V, Chap. 25. En: Douphin, J. P. y Simoneit, B. R. (Eds.). *The Gulf and Peninsular Province of the California*. (pp. 511–553) The American Association Petroleum Geologist Bulletin. Tulsa, Oklahoma. Memoir 47.
- 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.
- Cañadas, A., Sagarminaga, R. y Garcia-Tiscar, S. 2002. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers* 49: 2053-2073.
- Chester, R. 1990. Marine Geochemistry. Unwin Hyman. Londres. 698.
- Clutton-Brock, J. 2001. Cetáceos. 160-177. En: D. Burnie (Ed.), *Animal*. (pp. 624) Pearson Educación, Reino Unido.
- COBI. La reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir. [En línea]: documento de fuente electrónica en internet. 2014 [fecha de consulta: 27 Abril 2014]. Disponible en: http://cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/2007-d-0702_Folleto
- Cockcroft, V. y Ross, G. 1990. Food and feeding of the Indian Ocean bottlenose dolphin off Southern Natal, South Africa. En: S. Leatherwood y Reeves, R.R. (Eds.). *The Bottlenose Dolphin*. (pp. 295-308). Academic Press. EE.UU.
- CONANP-SEMARNAP. 2000. Programa de Manejo Área de Protección de Flor y Fauna Islas del Golfo de California, México.
- Connor, R. C., Wells, R. S., Mann, J., y Read, A. J. 2000. The bottlenose dolphin. Social relationships in a fission-fusion society. En: Mann J., Connor R.C., Tyack P.L., Whitehead, H. (Eds.). *Cetacean Societies. Field Studies of Dolphins and Whales*. (pp. 91–126). University of Chicago Press.
- Cubero, P. P. 2007. Distribución y condiciones ambientales asociadas al comportamiento del delfín bufeo (*Tursiops truncatus*) y el delfín manchado (*Stenella attenuata*) (Cetacea: Delphinidae). *Revista De Biología Tropical* 55(2) 549-557.
- Day, J. W., Hall, C. A., Kemp, W. M. y Yáñez-Arancibia, A. 1989. Estuarine Ecology. New York: John Wiley. 558.

- Defran, R. H. y Weller, D. W. 1999. Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California. *Marine Mammal Science*. 15: 366–380.
- De la Lanza–Espino, G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. A. G. T. Editor, S. A. México D. F. 569.
- De la Lanza–Espino, G. 2004. Gran escenario de la zona costera y oceánica de México, *Ciencias*, 76 (4), 4-13.
- Delfín–Alfonso, C., Gallina, S. A. y López–González, C. A. 2009. Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science* 2: 215–228. (Online: www.tropicalconservationscience.org).
- Delgado Estrella, A. 1996. Ecología poblacional de las toninas *Tursiops truncatus*, en la Laguna de Yalahau, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- 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.
- Díaz-Gamboa, R. E. 2003. Diferenciación entre tursiones *Tursiops truncatus* costeros y oceánicos en el Golfo de California por medio de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno. Tesis de Maestría en Ciencias, CICIMAR. La Paz B.C.S.
- Douglas, R. O., González-Yajimovich, J., Ledesma-Vázquez, y Staines-Urias, F. 2007. Climate forcing, primary production and the distribution of Holocene biogenic sediments in the Gulf of California. *Quaternary Science Reviews* 26:115-129.

- Eisfeld, S. M. 2003. The social affiliation and group composition of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the outer southern Moray Firth, NE Scotland. Tesis de Mestría. School of Biological Sciences. Universidad de Gales, Bangor.
- Emilsson, I. y Alatorre, M. A. 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del Golfo de California. En: Lavín, M.E. (Ed.). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, (pp. 173-1823) Unión Geofísica Mexicana, Monografía.
- Emlen, S. T. y Oring, L. T. 1977. Ecology, sexual selection and the evolution of mating systems. *Science*, 197: 215-223.
- Ehrhardt, N. M., Solis, N. A., Jacquemin, P. S., Ortiz, C. J., Ulloa, R. P., González, D. G. y García, B. F. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, Durante 1980. *Ciencia Pesquera*. 5:63-76.
- 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.
- Fayos, J. A., Cañadas, A. y Sagarminaga, R. 2000. A comparative approach of the movement patterns and orientation of common dolphins (*Delphinus delphis*) and bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the north-eastern Alboran sea. En: European Research on Cetaceans: Proceedings of the Annual Conference of the European Cetacean Society, 14: 130.
- Ferrero, R.C., Hobbies, R. C. y Van Blaricom, G. R. 2002. Indicators of habitat use patterns among small cetaceans in the central North Pacific based on fisheries observer data. *Journal of Cetacean Research Management*. 4: 311-321.

- Gallo-Reynoso, J. P. 1984. Interacción de calderones (*Globicephala macrorhynchus*), con la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) y con tursiones (*Tursiops truncatus gillii*), (Mammalia:Cetacea). *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoológica*. UNAM. 55(1),331-333.
- Gallo-Reynoso, J. P. y Rojas Bracho, L.1985. Nombres científicos y comunes de los mamíferos marinos de México. *Anales del Instituto de Biología. UNAM Serie Zoológica*. 56(3), 1043-1056.
- Gallo-Reynoso, J. P. 1991. Group behavior of common dolphins (*Delphinus delphis*) during prey capture. *Anales del Instituto de Biología. UNAM Serie Zoológica*.62(2), 253-262.
- Gallo-Reynoso, J. P. y Figueroa-Carranza, A. L. 1998. Cetaceans of Isla de Guadalupe. *Bulletin the Southern California Academy of Sciences* 97(1), 33-38.
- Gallo-Reynoso, J. P., Égido, J., Coria, E. y Saldaña, J. 2006. Distribución, Área de acción y población de toninas (*Tursiops truncatus*) en el área de la Bahía de las Guásimas, Sonora, México. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Guaymas. 45.
- Gallo-Reynoso, J. P., Égido-Villareal, J. y Coria-Galindo, E. M. 2009. Sperm whale distribution and diving behavior in relation to presence of jumbo squid in Guaymas Basin, Mexico. *Marine Biodiversity Records*. 2: 139.
- Gendron, D. 2000. Familia Physteridae. En: S. T. Alvarez-Castañeda y Patton, J. L. (Eds.). *Mamíferos del noroeste de México*. (pp. 635-637). La Paz B.C.S: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- 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 Transactions American Geophysical Union* 87: 36

- Guerrero-Ruíz, M. J., Urbán-Ramírez. J., y Rojas-Bracho, L. 2006. Las Ballenas del Golfo de California. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)- Instituto Nacional de Ecología (INE). México, D.F. 524.
- Guevara Aguirre, D. 2011. Relación de la presencia de toninas (*Tursiops truncatus*) en la Laguna de Términos, Campeche, México con los factores ambientales. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, PCMyL, México, D.F.
- Hall, L. S., Krausman, P. R. y Morrison, M. L. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25: 173–182.
- Heckel D. G. 1992. Foto-identificación de tursiones *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) en la Boca de Corazones de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México (Cetacea: Delphinidae). Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Hersh, S. L. y Duffield, D. A. 1990. Distinction between northwest Atlantic offshore and coastal bottlenose dolphins based on hemoglobin profile and morphometry. En: S. Leatherwood y R.R. Reeves (Eds.). *The Bottlenose Dolphin*. (pp. 653). Academic Press. EE.UU.
- Herzing, D. L. y Johnson, C. M. 1997. Interspecific interactions between Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) and bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Bahamas, 1985–1995. *Aquatic Mammals* 23 (2), 85–99.
- Hoelzel, A. R. 1998. Genetic Structure of Cetacean Populations in Sympatry, Parapatry, and Mixed Assemblages: Implications for Conservation Policy. *Journal of Heredity*: 451-458.
- Hui, C. A., 1979. Undersea topography and distribution of dolphins of the genus *Delphinus* in the southern California bight. *Journal of Mammalogy*, 60(3), 521-526.

- Huler, S. 2004. Like new. The Beaufort Scale, and how a 19th century admiral turned science into poetry
- Janik, V. M., Sayigh, L. S. y Wells, R. S. 2006. Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. *Proceedings of the National Academy of Sciences EE.UU* 103: 8293-8297.
- Jaquet, N. y Gendron, D. 2002. Distribution and relative abundance of sperm whales in relation to key environmental features, squid landings and the distribution of other cetacean species in the Gulf of California, México. *Marine Biology*. 141: 591-601.
- Krebs, CH. J. 1985. Ecología, estudio de la distribución y abundancia. México: Harla. 753.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. En: Wiley, M. (Ed.) *Estuarine Processes*. (pp. 182-215). Academia Press Inc.
- Lara-Lara, J. R., García-Pámanes, J. y Bazán-Guzmán, C. 2007. Flujo vertical de materia orgánica particulada en la región central del Golfo de California, En B. Hernández de la Torre y Gaxiola-Castro, G. (Eds.). *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. (pp. 383-395). CICESE-SEMARNAT, México.
- Lluch-Cota, S. E. y Arias-Aréchiga, J. P. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de centros de actividad biológica para la regionalización del océano: El caso del Golfo de California. En: Lluch-Belda, D., Elorduy-Garay, J., Lluch-Cota, S. E Ponce-Díaz, G. (Eds.). *BAC Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. (pp. 255–263). CIB, CICIMAR, CONACYT, La Paz, México.
- Lluch-Cota, S. E., Aragon-Noriega, E. A. Arreguin-Sanchez, F. Aurióles-Gamboa, D. Bautista-Romero, J. J. Brusca, R. C. Cervantes-Duarte, R. Cortés-Altamirano, R. Del-Monte-Luna, P. Esquivel-Herrera, A. Fernández, G. Hendrickx, M. Hernández-Vázquez, E. Herrera-Cervantes, S. H. Kahru, M. Lavin, M. Lluch-Belda, D. Lluch-Cota, D. B. López-Martínez, J. Marinone, S. G. Nevarez-Martínez, M.O. Ortega-García, S.

- Palacios-Castro, E. Pares-Sierra, A. Ponce-Díaz, G. Ramírez-Rodríguez, M. Salinas-Zavala, C. A. Schwartzlose, R. A. y Sierra-Beltrán, A. P. 2007. 93 The Gulf of California: *Review of ecosystem status and sustainability challenges*. Progress in Oceanography 73: 1-26.
- Lowther, J. 2006. Genetic variation of coastal and offshore bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the eastern North Pacific Ocean. Tesis de Maestría, Universidad de San Diego, San Diego, California, EE.UU.
- Lugo, H. J. 1986. Morfoestructuras del fondo oceánico Mexicano, *Boletín Instituto de Geografía*, UNAM. 9-39.
- Maluf, L. Y. 1983. Physical Oceanography. En: T. J. Case y Cody, M. L. (Eds.). *Island Biogeography of the Sea of Cortés*. (pp. 13-45). University of California Press, Berkeley.
- Mann, J., Connor, R. C., Tyack, P. L., y Whitehead, H. 2000. Cetacean societies: Field studies of whales and dolphins. London: The University of Chicago Press. 448.
- Marcín-Medina, R. 2010. Uso del hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en relación a factores ambientales y antropogénicos en la Ensenada y Sur de la Bahía de La Paz, B.C.S, México. Tesis de Doctorado, CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S.
- Martínez-Serrano, I., Serrano, A., Heckel, G. y Schramm, Y. 2011. Distribución y ámbito hogareño de toninas (*Tursiops truncatus*) en Veracruz, México. *Ciencias Marinas* 37(4A), 379-392.
- 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.

- 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.
- Mitchell, S. A. 2005. How useful is the concept of habitat?—a critique. *Oikos* 110: 634– 638.
- 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 Quintín Bay, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 30: 35-46.
- Murúa-Figueroa, E. 2007. La población del lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828), en la Isla San Pedro Nolasco, Guaymas, Sonora, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Nevárez, M. M., Chávez E. A., Cisneros-Mata, M. A. y Luch-Belda, D. 1999. Modeling of the Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) fishery of the Gulf of California. *Fisheries research*. 41: 273-283
- Norris, K. S. y Dohl, T. P. 1980. The structure and function of cetacean schools. En: L. M. Herman. (Ed.) *Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions*. (pp. 211–262). Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- Northridge, S. y Pilleri, G. 1986. A review of human impact on small cetaceans. En: Pilleri, G. (Ed.) *Investigations on Cetacea. Vol. XVIII*. (pp. 222-261). Berna, Suiza.
- Orozco Meyer, A. 2001. Uso de hábitat por la tonina (*Tursiops truncatus*) y su relación con las mareas en la Bahía de San Jorge, Sonora. Tesis de Maestría en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
- Ortega Ortiz, J. G. 1996. Distribución y abundancia de las toninas *Tursiops truncatus*, en la Bahía de Ascensión, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar, UACPyP-CCH, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

- Padilla-Serrato, J., López-Martínez, J., Rodríguez-Romero, J., Lluch-Cota, D., Galván-Magaña, F. y Acevedo-Cervantes, A. 2016. Composición y aspectos biogeográficos del ensamble de peces de la laguna costera de Las Guásimas, Sonora, México. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 44 (1), 85-98
- Pardo, R. M. 2009. Condiciones fisicoquímicas y biológicas que modulan la abundancia de cetáceos sobre Cuenca Alfonso, Golfo de California, Tesis Maestría Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Baja California (CICIMAR).
- Patiño-Valencia, J. L., Vargas, A. G. y Díaz, C. 2008. Estimación poblacional de toninas *Tursiops truncatus*, en la Bahía de Agiabampo Sonora-Sinaloa, México en verano y otoño de 1995 al 2001. *Revista de Zoología* [en línea] 2008, [citado 2013-01-16]. ISSN 0188-1884.
- Pérez-Arvizu, E. M., Aragón-Noriega, E. A. y Espinosa-Carreón, T. L. 2013. Variabilidad estacional de la clorofila a y su respuesta a condiciones El Niño y La Niña en el Norte del Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 48 (1), 131-141.
- Pérez y Sosa, M. C. 2014. Distribución espacial de mamíferos marinos asociada a la geomorfología del fondo marino alrededor de la Isla San Pedro Nolasco en el Golfo de California. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, PCMyL, México, D.F.
- Quintana-Rizzo E., y Wells, R. S. 2001. Resighting and association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Cedar Keys, Florida: Insights into social organization. *Canadian Journal of Zoology*. 79: 447–456.
- 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.

- Reynolds, J. E., Randall, S. W. y Eide, S. D. 2000. The bottlenose dolphin. Biology and conservation. Florida University Press of Florida, EE.UU. 289.
- 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.
- Rice, D. W. 1998. Marine mammals of the world. Systematics and distribution. Special Publication No. 4. The Society for Marine Mammalogy. Allen Press. EE.UU. 231.
- Roden, G.I. y Groves, G. W. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Research*. 18: 10–35.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: Van Andel, Tj.H. y. Shor, G. G. (Eds.). *Marine Geology in the Gulf California*. (pp. 3: 30–58). American Petroleum Geologist.
- Roden, G. I. y Emilsson, I. 1979. Physical oceanography of the Gulf of California. Simposium “El Golfo de California”, UNAM, Mazatlán, Sinaloa, México.
- 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.
- Santamaría-del-Ángel, E. y Álvarez-Borrego, S. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research* 99(4), 7411-7421.
- Salinas-Zacarías, M. A. 2005. Ecología de los tursiones, *Tursiops truncatus*, en la Bahía de la Paz, B.C.S. Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN. La Paz, BCS.

- Scott, M. D. y Chivers, S. J. 1990. Distribution and herd structure of bottlenose dolphins in the Eastern Tropical Pacific Ocean. En: Leatherwood, S. y Reeves, R. R. (Eds.). *The Bottlenose Dolphin*. (pp. 387–402). Academic Press, San Diego.
- Segura, G. I. 2004. Diferenciación de ecotipos y estructura genética del delfín *Tursiops truncatus* en el Golfo de California. Tesis de Maestría, CICESE (Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada) Ensenada, Baja California, México.
- Segura, G. I., Rocha-Olivares, A., Flores-Ramírez, S. y Rojas-Bracho, L. 2006. Conservation implications of the genetic and ecological distinction of *Tursiops truncatus* ecotypes in the Gulf of California. *Biological Conservation*: 336-346.
- Segura, G. I. 2011. Population genetics of species on the genera *Tursiops* and *Delphinus* within the Gulf of California and along the western coast of Baja California. Tesis de Doctorado, Durham University, Inglaterra.
- Shane, S. 1991. Behavior and ecology of bottlenose dolphin at Sanibel Island Florida. En: Leatherwood, S. y Reeves, R. R. (Eds.). *The Bottlenose Dolphin*. (pp. 245–265). Academic Press, San Diego, CA.
- Soberón, J. y Nakamura, M. 2009. Niches and distributional areas: concepts, methods and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences EE.UU.* 106:19644-19650.
- Spicer, J. I., Thomasson, M. A. y Stromberg, J-O. 1999. Possessing a poor anaerobic capacity does not prevent the diel vertical migration of Nordic krill *Meganyctiphanes norvegica* into hypoxic waters. *Marine Ecology Progress Series*. 185:181-187.
- Storch, I. 2003. Linking a multiscale habitat concept to species conservation. En: Bissonette, J. A. y Storch, I. (Eds.). *Landscape ecology and resource management: linking theory with practice*. (pp. 303–320) Island Press, Washington, D.C.

- Thunell, R. C. 1998. Seasonal and annual variability in particle fluxes in the Gulf of California: A response to climate forcing. *Deep-Sea Research* 45: 2059-2083.
- 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.
- Tremblay, N. 2008. Variación estacional de los indicadores de estrés oxidativo asociada a la migración vertical de los eufáusidos subtropicales del Golfo de California. Tesis de Maestría CICIMAR, IPN.
- Urbán, J., Mate, B., Jaume-Shinkel, S., Díaz, C., Tershy, B., Acevedo-Gutiérrez, A., y Croll, D. 2005. Determination and characterization of fin whale habitat in the Gulf of California. Resúmenes. 16th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. San Diego, EE.UU.
- Valdes-Arellanes, M. P., Serrano, A., Heckel, G., Schramm, Y. Serrano-Martínez, E. I. 2011. Abundancia de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en el norte de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82(1), 227-235.
- Van Waerebeek, K., Reyes, J. C., Read, A. J. y McKinnon, J. S. 1990. Preliminary observations of bottlenose dolphins from the Pacific coast of South America. 143-54. En: Leatherwood, S. y Reeves, R.R. (Eds.). *The Bottlenose Dolphin*. (pp. 653). Academic Press, San Diego.
- Vázquez-Castán, L., Serrano, A. y Galindo, J. A. 2009. Estudio preliminar sobre la biodiversidad y abundancia de cetáceos en aguas profundas del Golfo de México. *Revista UDO Agrícola*. 9 (4), 992-997.
- Vidal Hernández, L. E. 1993. Variación geográfica de las dimensiones craneanas en toninas (*Tursiops truncatus*) del Mar de Cortés, México. Tesis de licenciatura.

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Villalba, A. A., Ortega, R. P., Vásquez, C. D., y De la O, V. M. 1990. Variación espacio-temporal de parámetros sedimentológicos en tres cuerpos lagunares de Sonora, México, *Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora*, México, 9(1), 51-62.

Walker, W. 1981. Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphins (*Tursiops*) in the Eastern North Pacific. NOAA/NMFS Southwest Fisheries Center Administrative Report. No. LJ-81-03C. USA. 21.

Ward, N. y Moscrop, A., 1999. Mamíferos marinos del Gran Caribe; Un resumen preliminar de estatus de conservación. La Habana, Cuba, United Nations Environment Programme, 30.

Wells, R. S., Irvine, A. B. y Scott, M. D. 1980. The social ecology of inshore odontocetes. En: Herman, L. M. (Ed.), *Cetacean Behavior*. (pp. 263–317). Wiley Interscience: New York.

Wells, R. y Scott, M. 2002. Bottlenose dolphins. *Tursiops truncatus* and *T. aduncus*. En: W. Perrin, B. Würsig y Thewissen, J. (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. (pp. 122-128). Academic Press. EE.UU.

Würsig, B. y Würsig, M. 1979. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the south Atlantic. *Fishery Bulletin* 77: 399–412.

ANEXO: GLM de las variables medidas *in situ*

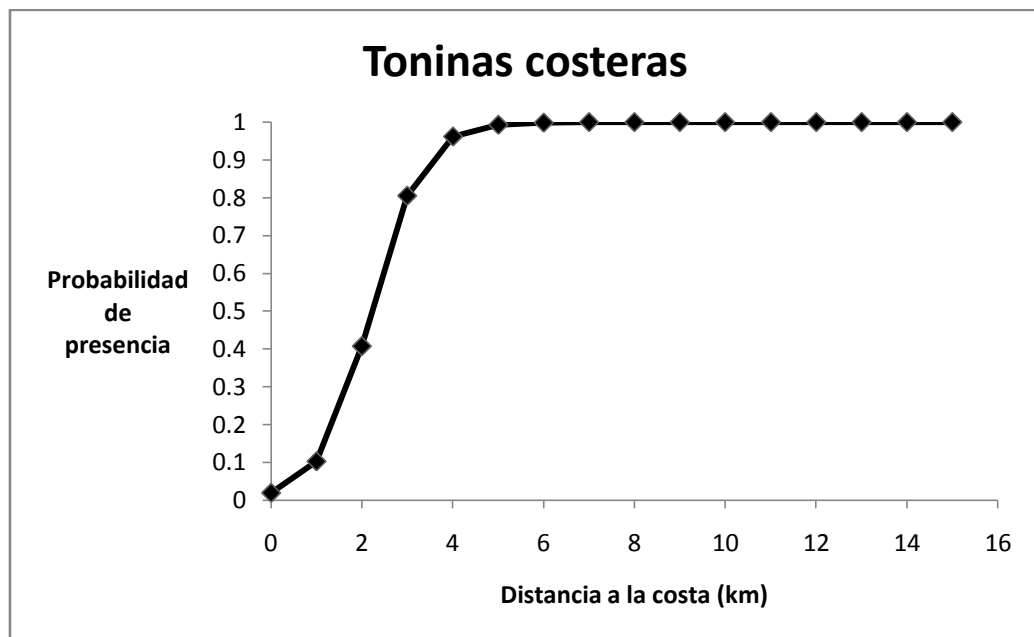
Durante este estudio la caracterización del hábitat de los dos ecotipos de toninas se realizó utilizando las diez variables ambientales, de las cuales seis variables fueron medidas *in situ* con equipos especializados (la profundidad, el color del mar, la transparencia del agua, el estado del mar, la salinidad y la temperatura superficial) y cuatro variables fueron obtenidas en el laboratorio con programas computacionales (la concentración de clorofila, la distancia a la costa, la pendiente del fondo y la densidad del agua). Estas diez variables tienen diferencias de precisión, ya que algunas de las variables obtenidas en el laboratorio no fueron tomadas el mismo día, debido a que no existen datos en las páginas del día en que se realizaron las salidas de campo, como por ejemplo la concentración de clorofila. Por lo que se pretende realizar un Modelo Lineal Generalizado utilizando las seis variables tomadas *in situ* además de la variable distancia a la costa por lo que se utilizaron siete variables ambientales.

El modelo lineal generalizado que se realizó para las toninas costeras nos indica que las variables temperatura superficial y la distancia a la costa son las variables que determinan su presencia, la relación que tienen estas dos variables con la probabilidad de encuentro de los individuos es positiva, *i.e.* a mayor temperatura superficial y mayor distancia a la costa se incrementa la posibilidad de aparición de las toninas costeras, es importante mencionar que la variable distancia a la costa se midió a partir de la línea de costa y tiene como límite 5 km, es decir hasta el límite de la plataforma continental.

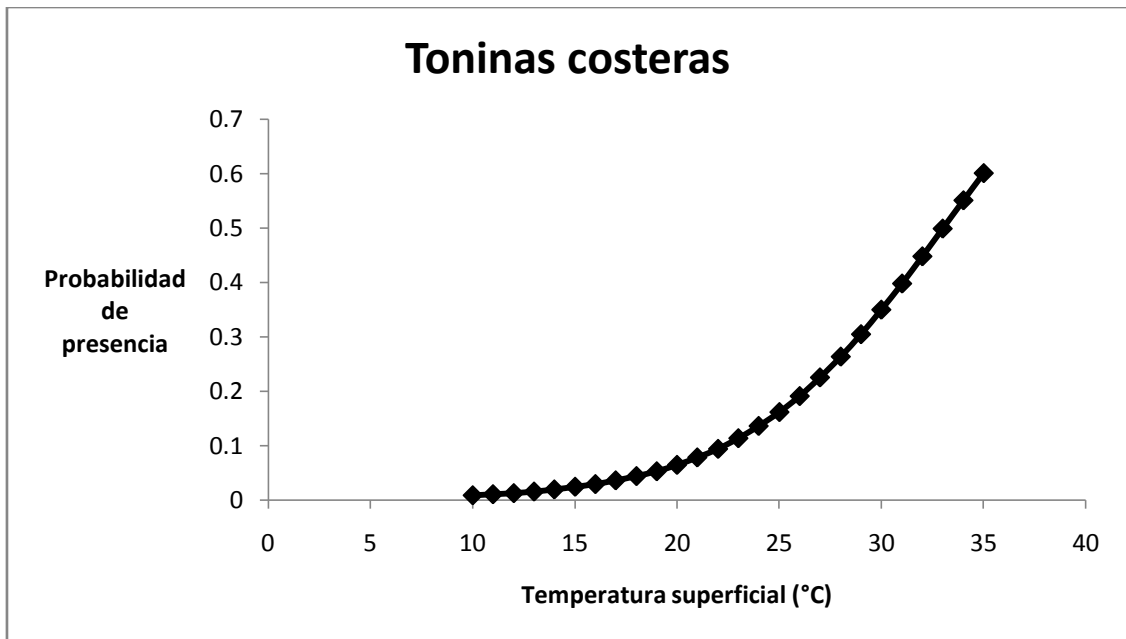
Mientras que el modelo lineal generalizado realizado para las toninas oceánicas nos indica que la única variable que determina la aparición de las manadas de toninas es la distancia a la costa, teniendo una relación negativa, *i.e.* a mayor distancia a la costa mayor la probabilidad de encuentro de las toninas, la distancia a la costa se midió a partir de los 5 km, es decir a partir del talud continental.

Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas

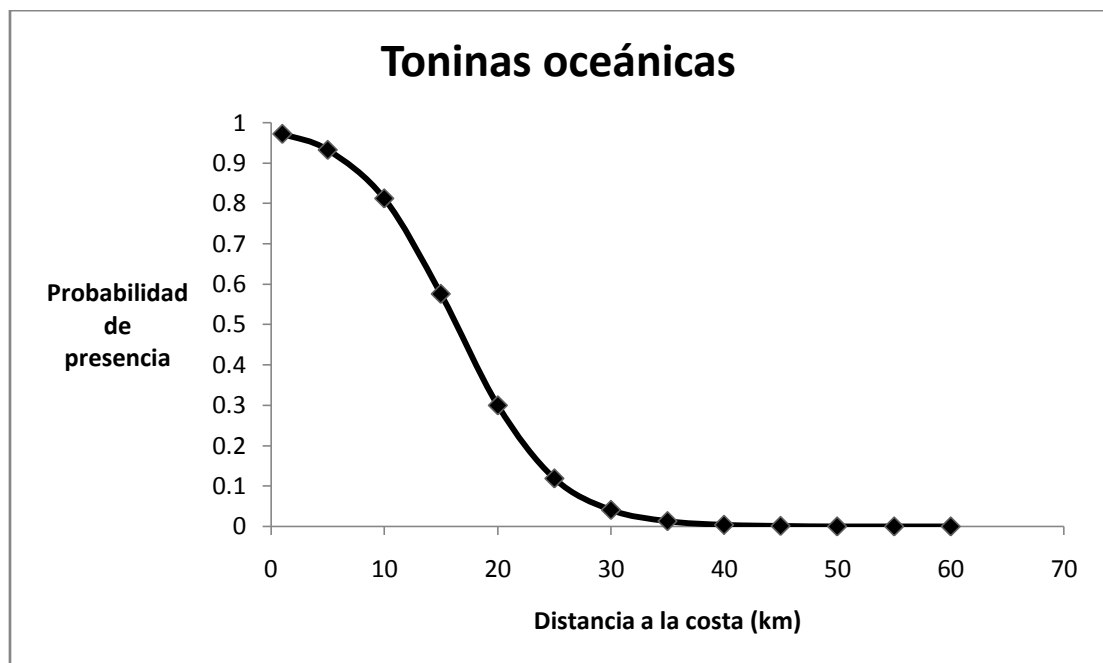
GLM presencia/ausencia			
	AIC	Temperatura superficial	Distancia a la costa
TONINAS COSTERAS	58.9772	0.20526	1.79543
TONINAS OCEÁNICAS	121.3802		-0.231642



Gráfica del modelo lineal generalizado para las toninas costeras para la variable distancia a la costa



Gráfica del modelo lineal generalizado para las toninas costeras para la variable temperatura superficial



Gráfica del modelo lineal generalizado para las toninas oceánicas para la variable distancia a la costa