



Universidad Veracruzana

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

**Campus Tuxpan**

---

---

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**“Distribución espacial y temporal de toninas  
(*Tursiops truncatus*) y su abundancia en el Sistema  
Arrecifal Norveracruzano (SANV)”**

**TESIS**

Que para obtener el título de:  
**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS  
MARINOS Y COSTEROS**

**P R E S E N T A:**

**Biol. Laura Vázquez Castán**

**Director:  
Dr. Arturo Serrano Solís**

**Asesora:  
Mtra. Marisela López Ortega**



Universidad Veracruzana

**Tuxpan, Veracruz**

**2010**

La presente Tesis titulada: **Distribución Espacial y Temporal de toninas (*Tursiops truncatus*) y su Abundancia en el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV)**, realizada por la C. Biol. Laura Vázquez Castán, bajo la dirección y asesoría del consejo particular del Dr. Arturo Serrano Solís y Mtra. Marisela López Ortega, ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS**

**CONSEJO PARTICULAR:**

---

**Dr. Arturo Serrano Solís**  
Director

---

**Mtra. Marisela López Ortega**  
Asesora

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, Octubre 2010

La presente Tesis titulada: **Distribución Espacial y Temporal de toninas (*Tursiops truncatus*) y su Abundancia en el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV)**, realizada por la C. Biol. Laura Vázquez Castán, ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS**

**COMISIÓN LECTORA:**

---

**Dra. Ivette A. Chamorro Florescano**  
Lector

---

**Dr. José de Jesús Salas Pérez**  
Lector

---

**Dr. Gerardo Sánchez Rojas**  
Lector

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, Octubre 2010



*“Lo que sabemos es una gota de agua,  
lo que ignoramos es el Océano”*

**Isaac Newton**

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo a través del apoyo financiero otorgado al Dr. Arturo Serrano de la **Cetacean Society International** para la realización del trabajo: *The Importance of Coral Reefs for Cetacean Populations*.

Con especial agradecimiento y cariño al Dr. Arturo Serrano Solís, por abrirme las puertas de su laboratorio y darme la oportunidad de trabajar con una de las especies más maravillosas del mundo (*Tursiops truncatus*), por brindarme siempre los conocimientos necesarios para la realización de esta investigación y por confiar siempre en mí. Le agradezco por ser no solo un excelente director y maestro, sino también por brindarme su amistad como un verdadero amigo.

### ***“Mil gracias”***

Gracias a su dirección esta investigación fue todo un éxito:

*“Si consigo ver más lejos es porque he conseguido auparme a hombros de gigantes”*

**Isaac Newton**

De igual manera agradezco con mucho cariño y respeto a la Mtra. Marisela López Ortega, por brindarme el apoyo y los conocimientos necesarios para esta investigación, por ser no solo mi asesora, sino una gran amiga, por estar siempre pendiente de mis logros y tropiezos. ***“Mil gracias”***.

Gracias a sus valiosos consejos, he logrado una etapa más en mi vida:

*“Mientras los ríos corran al mar, hagan sombra a los valles los montes y haya estrellas en el cielo, debe durar la memoria del beneficio recibido en la mente del hombre agradecido”*

Virgilio Marón

Mis agradecimientos muy sinceros para el Oc. José de Jesús Salas Pérez, a la Dra. Ivette A. Chamorro y al Dr. Gerardo Sánchez Rojas, por su valiosa contribución a esta investigación y por brindarme la asesoría necesaria para la realización de esta tesis. **“Muchas gracias”**

Con mucho cariño, quiero agradecer al Laboratorio de Geomática Tropical, principalmente al Mtro. José Luis Alanís Méndez y a la Mtra. Blanca Esther Raya Cruz, por su apoyo único en la realización de los mapas para esta investigación. **“Muchas gracias”**

Agradezco a **CONACYT** (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) por el apoyo financiero, que otorgó, a la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros, en la cual, se realizó la presente investigación.

Gracias a todos los que integran mi familia: Tíos, Tías, Primos y amigos, por el apoyo moral que siempre me brindaron y por confiar siempre en mí.

A mis hermanas: Neyra y Liliana Vázquez Castán, agradezco que siempre hayan confiado en mí, recuerden que en la vida todo se puede lograr.

Mtra. Celina Naval Ávila, mil gracias por su amistad, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles de mi vida y por brindarme valiosos consejos para la realización de esta investigación. **“Mil gracias”**.

También es necesario agradecer a todas esas personas que contribuyeron en la realización de esta investigación, principalmente en el apoyo a las salidas al campo (Tania, Italia, Rosario, Yessika Nayeli, Miriam, Fernando). Así como también a mis compañeros de maestría que estuvieron conmigo y compartimos tantas experiencias.

## DEDICATORIA

### A Dios

Por darme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida, por poner en mi camino a las personas más importantes y maravillosas en mí vida: *Mis padres.*

### A mis padres:

*Enrique y Griselda*

Por enseñarme que en esta vida todo se puede lograr, con esfuerzo y dedicación. Por brindarme siempre su amor, apoyo y comprensión, pero sobre todo por aquellos sacrificios y desvelos que realizaron, los cuales no fueron en vano y hoy se ven reflejados en esta investigación, gracias por alentarme cada día y por compartir conmigo estos sueños que hoy se hacen realidad.

Sin su apoyo, consejos, esfuerzo, pero sobre todo amor, esto no podría haberse logrado, por lo tanto, en esta meta más en vida, puedo decirles:

***“Lo hemos logrado una vez más, el triunfo es suyo”***

### A mi esposo:

*José Ángel Galindo*

Por darme siempre una palabra de aliento para seguir adelante, por impulsarme a conseguir mis metas, por apoyarme para la realización de esta maestría. Por creer siempre en mí. **Vida** esta investigación es tuya también, porque gracias a tus consejos, hoy te puedo decir con mucho orgullo y felicidad que lo logramos. **Te Amo.**

# ÍNDICE

## RESUMEN

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	5
2.1. <i>Tursiops truncatus</i> (Tonina o delfín nariz de botella).....	5
2.2. Foto-identificación.....	8
2.3. Distribución y Abundancia.....	11
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	15
3.1. Objetivo General.....	15
3.1.1. Objetivos Particulares.....	15
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	16
4.1. Área de Estudio.....	16
4.2. Colecta de datos.....	19
4.2.1. Navegación.....	19
4.3. Análisis de datos.....	20
4.3.1. Foto-identificación.....	20
4.4. Distribución espacial y temporal.....	25

4.4.1. Distribución espacial.....	25
4.4.2. Distribución temporal.....	25
4.5. Abundancia relativa.....	25
4.6. Abundancia absoluta.....	26
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
5.1. Muestreo.....	28
5.2. Foto-identificación.....	30
5.3. Distribución espacial y temporal.....	33
5.3.1. Distribución espacial.....	33
5.3.2. Distribución temporal.....	40
5.4. Abundancia relativa.....	41
5.5. Abundancia absoluta.....	43
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
6.1. Foto-identificación.....	47
6.2. Distribución.....	49
6.2.1. Distribución espacial.....	49
6.3. Abundancia.....	53
6.3.1. Abundancia relativa.....	53
6.3.2. Abundancia absoluta.....	54

<b>7. CONCLUSION Y APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO.....</b>	<b>57</b>
<b>8. SUGERENCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>62</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>84</b>
10.1. ANEXO I. ESCALAS DE BEAUFORT.....	85
10.2. ANEXO II. FICHA DE CAMPO.....	87
10.3. ANEXO III. CLASIFICACIÓN DE TEMPORADAS.....	88

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de organismos, del 2005 al 2008, usando el modelo polinomial Half-Normal.....	44
<b>Cuadro 2.</b> Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de los organismos de la zona Tamiahua, usando el modelo polinomial Half-Normal.....	45
<b>Cuadro 3.</b> Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de los organismos de la zona Tuxpan, usando el modelo polinomial Half-Normal.....	45
<b>Cuadro 4.</b> Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de los organismos de la zona Nautla, usando el modelo polinomial Half-Normal.....	46
<b>Cuadro 5.</b> Estado del Mar en la Escala de Beaufort.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Morfología externa de la especie <i>T. truncatus</i> .....	5
<b>Figura 2.</b>	Sistema Arrecifal Norveracruzano delimitado en tres sub- zonas: A) Tamiahua, B) Tuxpan y C) Nautla.....	18
<b>Figura 3.</b>	Ejemplo de fotografías que se utilizan en la foto- identificación de los individuos de acuerdo a la asignación de la calidad.....	22
<b>Figura 4.</b>	Ejemplo de la clasificación de las aletas de los individuos....	24
<b>Figura 5.</b>	Localización geográfica de los recorridos en lancha en la zona del SANV.....	29
<b>Figura 6.</b>	Número de organismos foto-identificados por zonas de colecta.....	30
<b>Figura 7.</b>	Total de organismos foto-identificados por años.....	31
<b>Figura 8.</b>	Tamaño de grupo promedio por zona.....	32

<b>Figura 9.</b>	Tamaño promedio de grupo por año.....	32
<b>Figura 10.</b>	Distribución de los avistamientos de toninas en toda el área de estudio.....	34
<b>Figura 11.</b>	Distribución de las toninas por zona de colecta.....	35
<b>Figura 12.</b>	Distribución de las toninas durante el 2005 a 2008.....	36
<b>Figura 13.</b>	Distribución de las toninas dentro de la zona Tamiahua por cada año de colecta. ....	37
<b>Figura 14.</b>	Distribución de las toninas dentro de la zona Tuxpan por cada año de colecta.....	38
<b>Figura 15.</b>	Distribución de las toninas dentro de la zona Nautla por cada año de colecta.....	39
<b>Figura 16.</b>	Clasificación de temporadas de las toninas dentro de las zonas de colecta.....	40

<b>Figura 17.</b> Abundancia relativa de los organismos observados por zona de colecta.....	41
<b>Figura 18.</b> Abundancia relativa de los organismos observados por año.....	42
<b>Figura 19.</b> Abundancia relativa de los organismos observados por temporadas.....	43

# “Distribución espacial y temporal de toninas (*Tursiops truncatus*) y su abundancia en el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV)”

## RESUMEN

El Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV), ubicado en la zona occidental del Golfo de México, alberga una gran biodiversidad, de las cuales destaca la tonina (*Tursiops truncatus*), es la más abundante de cetáceos para el SANV, por lo que determinar su distribución espacial y temporal y su abundancia en esta zona arrecifal, es estratégico para su conservación. El área de estudio se ubica en el litoral norte del estado de Veracruz y fue subdividida en tres zonas: zona adyacente a la laguna Tamiahua, y zonas costeras de Tuxpan y Nautla. El estudio se realizó desde el año 2005 al año 2008. Se empleó la metodología de muestreo a distancia para diseñar los transectos de navegación dentro del SANV, y para calcular el tamaño poblacional de las toninas. Además, se aplicó la técnica de foto-identificación como una herramienta no invasiva para estudiar los movimientos y la residencia de los delfines. Se realizaron 89 salidas al campo con un esfuerzo de búsqueda de 392.52 horas y se avistaron delfines en 59 salidas. Durante estos años se observaron 950 organismos, de los cuales se individualizaron 532 organismos. Los resultados obtenidos indican que las toninas se distribuyen en casi toda la zona costera del área de estudio, donde se distribuyen desde un individuo hasta grupos con 50 individuos. Los grupos más avistados fueron de más de dos organismos hasta menos de 10 organismos. La abundancia relativa estimada para toda el área de estudio fue de 3.56 organismos/hora y la abundancia absoluta fue de 2632 organismos (%CV= 10.37), con una densidad de 0.35 organismos/km<sup>2</sup> (%CV= 10.37) y una densidad del grupo de 0.35 grupos/km<sup>2</sup> (%CV= 10.37). En la temporada de lluvias y nortes los organismos fueron más abundantes cerca de la desembocadura de los ríos, posiblemente por ser zonas que utilicen como alimentación y refugio.

**Palabras clave:** Toninas, Distribución temporal, Distribución espacial, Abundancia relativa, Foto-identificación, Sistema Arrecifal Norveracruzano, Golfo de México Occidental.

# 1. INTRODUCCIÓN

Las aguas de todo el Golfo de México cuentan con una gran diversidad de mamíferos marinos (Serrano, 2002). Se han registrado 29 especies, las cuales se encuentran divididas en tres órdenes, una especie del orden sirenio, 28 especies del orden cetácea y para el orden carnívora, la única especie que habitó el Golfo de México en la edad contemporánea fue la foca monje del caribe (*Monachus tropicalis*), la cual se extinguió a finales del siglo pasado debido a la cacería por parte de los habitantes de la región (Jefferson y Schiro, 1997; Würsig *et al.*, 2000).

La especie *Tursiops truncatus* es uno de los cetáceos más estudiados en todo el mundo debido a sus hábitos costeros y a la facilidad como se adapta a la vida en cautiverio (Heckel, 1992). Es una especie importante, un depredador principal (top predator). Esto implica que como último receptor de la energía puede ser indicativo de la productividad de un ecosistema, y además evidenciar el estado de salud de los eslabones inferiores de la cadena alimenticia (Kelly, 1983).

La tonina tiene una amplia distribución a nivel mundial, sobre todo a lo largo de las costas de aguas tropicales hasta templadas. Frecuentemente penetra en lagunas, estuarios y ríos. También se le encuentra en aguas oceánicas de todos los mares del mundo (Watson, 1981). En el océano Atlántico occidental se le conoce por lo menos desde el norte de Argentina hasta Nueva Inglaterra y

Canadá. Su distribución se extiende más al norte en el Atlántico noreste, pudiendo llegar hasta el norte de Noruega (Kenney, 1990). En cuanto a su distribución para el Golfo de México, se ha encontrado que algunos Tursiones costeros mantienen un ámbito hogareño (límite de distribución en ciertas áreas), y que puede ser de 95 millas a lo largo de la costa (Caldwell y Golley, 1965) o bien de 85 km<sup>2</sup> (Irvine *et al.*, 1981).

Hay factores que influyen la diversidad y distribución de los cetáceos (Jaquet, 1966). Estos factores se dividen en ambientales, bióticos y causados por el hombre (Borcard *et al.*, 1992). Las variables ambientales incluyen algunos factores como: los fisicoquímicos, los climatológicos y los geomorfológicos. Las variables bióticas incluyen: distribución de presas para alimentarse, competencia entre animales, reproducción y depredación. Los factores causados por el hombre, entre otros, son por ejemplo, la cacería, contaminación, actividades pesqueras, comerciales, de recreación, desarrollo y producción de la industria petrolera y de gas natural, así como la exploración sísmica (Jaquet, 1966). En el Golfo de México, la profundidad es la variable ambiental con mayor influencia en la distribución de los cetáceos (Davis *et al.*, 1998; Baumgartner *et al.*, 2001; Davis *et al.*, 2002; Ortega-Ortiz, 2002). En el norte del litoral mexicano los cetáceos se concentran a lo largo de donde inicia el talud continental, ya que es la zona en donde se localizan las mayores concentraciones de zooplancton y micronecton que son los responsables de la productividad primaria (Randall *et al.*, 1998).

Gruber (1981), menciona que la abundancia de alimento, el tipo de hábitat, las actividades humanas y la contaminación, pueden ser consideradas variables que influyen en la variación del tamaño poblacional de las toninas de una región a otra. Uno de los parámetros para medir a las poblaciones es la abundancia. La estimación de la abundancia se realiza mediante dos métodos: a) *Colecta a distancias por transecto lineal*: con este sólo se estima la abundancia y densidad en un tiempo específico. b) *Captura-recaptura*: mientras que con este método, se permite la cuantificación de otros parámetros poblacionales de manera no invasiva (Seber, 1982; Hammond, 1986; Pollock *et al.*, 1990). Algunos de estos parámetros son la densidad poblacional, la madurez sexual, fidelidad al sitio, estructura de grupo e incluso la organización social (Wells *et al.*, 1990; Lusseau, 2005; Merriman, 2007). Una herramienta útil en la evaluación de la abundancia de una población, para ambos métodos y fundamental para el método captura-recaptura, es la foto-identificación (Weller, 1991).

Aunque las toninas son una especie que ha sido bastante estudiada dentro del orden de los cetáceos, aún se desconocen muchos aspectos sobre su distribución y abundancia en el mundo. Por ejemplo, no se sabe que factores determinan su distribución, o su ámbito hogareño. En relación a la abundancia, en México no existen datos de abundancia precisos para ninguna especie de cetáceos. Los datos precisos de distribución y abundancia son esenciales para tomar medidas de manejo y conservación de cualquier organismo vivo.

Considerando lo anterior se propuso como objetivo el determinar la distribución espacial y temporal de toninas y su abundancia en el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. *Tursiops truncatus* (Tonina o delfín nariz de botella)

El tursión o tonina (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821), pertenece al orden Cetácea y a la familia Delphinidae, esta especie es considerado por muchos autores como uno de los cetáceos más conocidos y estudiados (Leatherwood y Reeves, 1990).

*T. truncatus* es un delfín pequeño en general, longitud promedio 3 m máximo 4.2 m (Fig. 1), las crías miden aproximadamente 1 m al nacer, su peso promedio es de 200 kg, con un máximo registrado de 650 kg, las crías pesan 32 kg al nacer (Watson, 1981).



**Figura 1.** Morfología externa de la especie *T. truncatus*. (Foto: Laboratorio de Mamíferos marinos, 2010).

El rostro de este animal es corto (7-8 cm), ancho y redondo, con la mandíbula que sobresale por delante de la maxila. Posee un número promedio de 19 a 26 dientes en cada lado de ambas mandíbulas (Nishiwaki, 1972). La boca se curva en su extremo hacia arriba. La aleta dorsal es alta, ancha en la base y

falcada hacia atrás, situada a la mitad del cuerpo. El pedúnculo tiene una quilla moderada (Watson, 1981).

El color es algo variable pero normalmente es gris mediano en el dorso y flancos, cambiando a gris claro o blanco en el vientre. Las crías tienden a ser ligeramente azulosas. Hay una línea clara desde la aleta pectoral hasta el ojo y en individuos mayores aparecen algunas motas en el vientre. Los adultos también pueden tener una mancha blanca en la punta de la mandíbula (Leatherwood *et al.*, 1983).

Algunos estudios con toninas han revelado que las poblaciones pueden diferir en su ecología conductual y al uso del hábitat que ocupan. Estas diferencias se relacionan con la variación en el tamaño, composición de los grupos y subgrupos de toninas, a variaciones en los recursos alimenticios y la forma en cómo están distribuidos en el medio, ya que las toninas se agrupan de cierta forma para hacer uso de los recursos alimenticios de la manera más eficiente posible (Ramos-Fernández *et al.*, 2006).

Las toninas pasan la mayor parte de su vida en grupos de composición y tamaño variable debido a que presentan una organización de tipo fisión-fusión (Wells *et al.*, 1987), aunque existen algunas asociaciones que permanecen por largos períodos, como las alianzas entre machos o grupos de hembras emparentadas, incluyendo a sus crías (Berta y Sumich, 1999; Connor, 2001). Esta variación natural en el tamaño de los subgrupos dentro de las poblaciones

proporciona la base para probar modelos ecológicos generales de tamaño de grupo de las toninas, dado que los cambios en el tamaño de subgrupos pueden estar relacionados con la variación en las condiciones ecológicas (Chapman *et al.*, 1993).

Se reconocen dos formas o ecotipos de esta especie: costero y nerítico-oceánico, las cuales difieren en características de morfología, hematología, morfología craneal y genética (Connor *et al.*, 2000; Hersh y Duffield, 1990; Mead y Potter, 1995; Hoelzel *et al.*, 1998; Torres *et al.*, 2003).

Aunque no existe una delimitación detallada del área de distribución de los dos ecotipos de toninas, un estudio en la costa del Atlántico de los Estados Unidos de América mostró que todas las toninas observadas hasta una distancia de 7.5 km de la costa pertenecían al ecotipo costero, mientras que todas las toninas observadas a más de 34 km de la costa, pertenecían al ecotipo oceánico (Torres *et al.*, 2003). Las toninas costeras se encuentran con mayor frecuencia dentro de las lagunas costeras y cerca de la desembocadura de los ríos. Incluso dentro de las lagunas costeras se ha observado que las toninas usan con mayor frecuencia ciertas zonas para alimentación y otras para crianza (Delgado-Estrella, 2002). En el norte del Golfo de México, las toninas del ecotipo nerítico-oceánico se han observado en dos regiones diferentes: sobre la plataforma continental, hasta una profundidad de 150 m, y sobre el talud, muy cerca del margen continental. En ambas regiones las toninas se observaron con mayor frecuencia en áreas con alta variabilidad de temperatura

y salinidad, lo que sugiere que su distribución está asociada a frentes de masas de agua (Baumgartner *et al.*, 2001).

El hecho de ser una especie que es muy común en zonas costeras y la especie más abundante en cautiverio, ha originado su estudio en diferentes partes del mundo (Shane *et al.*, 1986). Las toninas al vivir en zonas costeras y estuarios, están expuestas al impacto por actividades humanas y potencialmente a la degradación de su hábitat. Por lo tanto para poder emitir recomendaciones sobre su manejo y conservación, es necesario en primer lugar conocer su distribución, sus trayectorias de movimiento y su hábitat, entre otros aspectos de esta especie.

## **2.2. Foto-identificación**

A principios de la década de los 70 comenzó el uso de las marcas naturales para estudiar grupos de cetáceos. Hoy en día se reconoce que con la toma de fotografías con calidad una proporción considerable de una población de cualquier especie de cetáceos puede ser identificada individualmente. El reconocimiento de individuos concretos puede ser usado como herramienta para obtener una gran variedad de información sobre distribución, movimientos, comportamiento, dinámica poblacional y estructura social (Würsig y Jefferson, 1990; Lien y Katona, 1990).

Muchos de los estudios más amplios sobre abundancia, distribución, crecimiento, migración y reproducción de varias especies de cetáceos se han

realizado por medio de la foto-identificación (Hammond, 1986; Álvarez, 1987; Holmgren, 1988). En toninas, las primeras investigaciones donde se utilizó la foto-identificación de marcas en la aleta dorsal, se deben a Irvine y Wells (1972).

La técnica de foto-identificación se basa en la diferenciación de organismos, mediante la toma de fotos perpendiculares de la aleta dorsal en delfines, y, caudal en ballenas, a partir de marcas naturales, tales como muescas, cicatrices, marcas de sus dientes, mutilaciones y finalmente tipos de coloración, las cuales se llegan a convertir en marcas individuales que permanecen a largo plazo (Defran *et al.*, 1990; Würsig y Jefferson, 1990). Este método se ha utilizado principalmente en el estudio de muchas especies de cetáceos, como las orcas (*Orcinus orca*) (Bigg, 1982), las ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) (Darling, 1977), las ballenas azules (*Balenoptera musculos*) (Sears, 1987), las toninas (*Tursiops truncatus*) (Dos Santos y Lacerda, 1987; Heckel, 1992; Schramm, 1993; CBMWC, 2005; Mazzoil *et al.*, 2004; Valdes-Arellanes *et al.*, 2010), y por supuesto las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) (Katona y Kraus, 1979).

La foto-identificación está basada en datos individuales, ya que las ballenas y los delfines exhiben, marcas únicas naturales o adquiridas, las cuales permanecen iguales todo el tiempo y que se pueden comparar con la huella digital en el hombre. Las marcas quizá tienen una base genética o quizá son causadas por parásitos o depredadores (como tiburones y ballenas orcas),

combates con otros organismos de la misma especie por quedar atrapados en redes de pesca o por choques con las hélices de los barcos (Lien y Katona, 1990).

Esta técnica de foto-identificación es aceptada y utilizada por muchos investigadores de todo el mundo (Defran *et al.*, 1990). Es importante porque constituye la base para los estudios de ecología, comportamiento y de genética (Wells *et al.*, 1990). Además, identifica a los organismos de manera no invasiva, ya que se han observado que las marcas artificiales, pueden afectar el comportamiento de los organismos, alterando su conducta cuando son atrapados para perforar la piel con grapas o marcarlos con pinturas (Wells *et al.*, 1990). También permite calcular el tamaño de las poblaciones a través de modelos de marca-recaptura para poblaciones cerradas, aunque los cálculos varíen y tengan intervalos de confianza muy amplios (Begon, 1989; Félix, 2004). Además se puede determinar su dispersión, distribución y sus similitudes migratorias (Borbón y Rincón, 2008).

Desde entonces, la foto-identificación se ha utilizado para el estudio de muchos aspectos sobre la biología de estos organismos, como movimientos horizontales (Whitehead, 2003), tamaños de la población (Matthews *et al.*, 2001; Whitehead *et al.*, 1997) y la estructura social (Christal *et al.*, 1998; Lettevall *et al.*, 2002; Whitehead *et al.*, 1991).

Esta técnica de foto-identificación amplía efectivamente el conocimiento sobre el comportamiento y los hábitos de los cetáceos que se encuentran en vida silvestre. En cada especie se encuentra un amplio grado de variación y no hay dos individuos idénticos: cambia el color, el tamaño, el comportamiento, e incluso las aletas dorsales (Carwardine *et al.*, 1999). Esta característica ha sido aprovechada en la medición de grupos sociales, para estudiar asociaciones entre individuos en diferentes escalas espaciales y temporales (Whitehead, 1997); asimismo para calcular abundancias, residentes e historia de vida (Wilson *et al.*, 1997; Würsig, 1978).

La mayoría de los estudios de foto-identificación de delfines nariz de botella, se llevan a cabo para cuantificar la incidencia estacional, y las distintas asociaciones de las toninas (Barco *et al.*, 1999; Gubbins, 2002a y 2002b; Speakman *et al.*, 2006).

### **2.3. Distribución y Abundancia**

Los cetáceos están en el nivel trófico superior y desempeñando un papel importante en los ecosistemas pelágicos marinos del Golfo de México y de los océanos del mundo (Rosenweig, 1981). En el Golfo de México la información que se tenía acerca de distribución, abundancia y hábitat de estos vertebrados era escasa hasta, 1981, donde se inició su estudio (Randall *et al.*, 1998). A partir de ese año en las aguas territoriales del Golfo de México, correspondientes a los Estados Unidos se han realizado estudios sistemáticos de diversidad y ecología de mamíferos marinos. Sin embargo, en México los

esfuerzos para estudiarlos se han limitado a reportar los mamíferos que se han varado en nuestras playas y algunos trabajos recientes con la observación de organismos costeros (Ortega-Ortiz *et al.*, 2004; Ortega-Argueta *et al.*, 2005).

La distribución geográfica de los cetáceos está determinada por diversos factores, siendo los más importantes: las corrientes marinas, distribución de presas, distribución de depredadores, disponibilidad de alimento, temperatura del agua, irregularidades de la costa, topografía del fondo marino y disponibilidad de áreas adecuadas para el apareamiento y la crianza (Perrin, 1975a y b; Castelo y Pinedo, 1979; Shane, 1980; Casinos, 1982; Leatherwood y Reeves, 1983; Martin *et al.*, 1984; Hui, 1985; Whitehead y Carscadden, 1985; Payne *et al.*, 1986; Würsig y Bastida, 1986; Brandon y Fargion, 1993; Dunbrack y Ramsay, 1993; Gendron y Sears, 1993; Mignucci-Giannoni, 1998).

Se han observado diferencias significativas en la profundidad de las regiones del Golfo de México, en las que habitan las diferentes especies (Davis *et al.*, 1998; Baumgartner *et al.*, 2001; Davis *et al.*, 2002; Ortega-Ortiz, 2002). La mayoría de las especies habitan aguas oceánicas con profundidad mayor a 200 m. Sólo tres especies habitan normalmente la región nerítica sobre la plataforma continental: la tonina, el delfín moteado del Atlántico y el delfín de dientes rugosos (Delgado-Estrella, 1994; Jefferson y Schiro, 1997; Würsig *et al.*, 2000; Ortega-Ortiz, 2002; Fulling *et al.*, 2003). Existen registros del delfín tornillo en la parte norte de la plataforma de Yucatán (Jefferson, 1995; Ortega-Ortiz, 2002); sin embargo, esa especie es generalmente oceánica y su

ocurrencia cerca de la costa puede estar asociada a procesos de afloramiento de nutrientes, en localidades específicas como la plataforma continental de Yucatán dentro del Golfo de México (Merino, 1997).

Los cálculos de abundancia de cetáceos en el sur del Golfo de México provienen principalmente de estudios de foto-identificación de toninas. A diferencia de las estimaciones de abundancia mínima, las cuales utilizan el método de transectos lineales con colectas de distancia (Buckland *et al.*, 1993; Buckland y York, 2002) en grandes regiones del norte, los estudios de foto-identificación utilizan el análisis de captura-recaptura (Hammond *et al.*, 1990; Ortega-Ortiz, 2000; Buckland y York, 2002) para determinar el tamaño poblacional en localidades específicas. Los tamaños poblacionales calculados son: Boca de Corazones-Veracruz, 58 individuos (Heckel, 1992); Laguna de Términos-Campeche, 1400 individuos (Delgado-Estrella, 2002); Laguna de Yalahau y costa de Holbox-Quintana Roo, 500 individuos (Delgado-Estrella, 1996). En la costa de Tabasco la población fluctúa entre 300 y 573 individuos dependiendo de la temporada del año (López-Hernández, 1997).

También, Odell (1975), Leatherwood *et al.* (1978), Barham *et al.* (1980) y Leatherwood (1982), emplearon censos aéreos para calcular el tamaño de poblaciones de esta especie, en distintas zonas de las costas de Estados Unidos dentro del Golfo de México.

La distribución de la tonina está relacionada con regiones oceánicas y costeras en las que una serie de eventos oceanográficos generan un incremento en la productividad, y por tanto, un aumento en la disponibilidad de presas (Davis *et al.*, 2000). Estas áreas generalmente son identificadas como zonas de convergencias de corrientes, desembocaduras de ríos y lagunas costeras, y, zonas de surgencia (Evans, 1987).

Las migraciones estacionales de la tonina son cada vez más escasas conforme las poblaciones habitan en latitudes menores y, por lo tanto, aguas más cálidas. Otro factor que influye en la variabilidad de sus movimientos estacionales es que esta especie aprovecha diferentes tipos de alimentos (peces y crustáceos), lo cual la hace menos dependiente de la disponibilidad de algunas presas (Shane *et al.*, 1986). Una excepción a este hecho fue, que las bahías representan protección a las crías recién nacidas, y, en verano, abunda el tiburón (*Carcharhinus leucas*), el cual es su principal depredador, y es en esta época, que las madres y sus crías migran hacia el interior de las bahías (Scott *et al.*, 1990).

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. *Objetivo General*

- Determinar la distribución espacial y temporal de toninas y su abundancia en el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV).

#### 3.1.1. *Objetivos Particulares*

- Determinar la distribución espacial y temporal de las toninas en el SANV.
- Comparar la abundancia de toninas entre las zonas litorales de Tamiahua, Tuxpan y Nautla ya que se consideran como tres poblaciones diferentes.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Área de Estudio

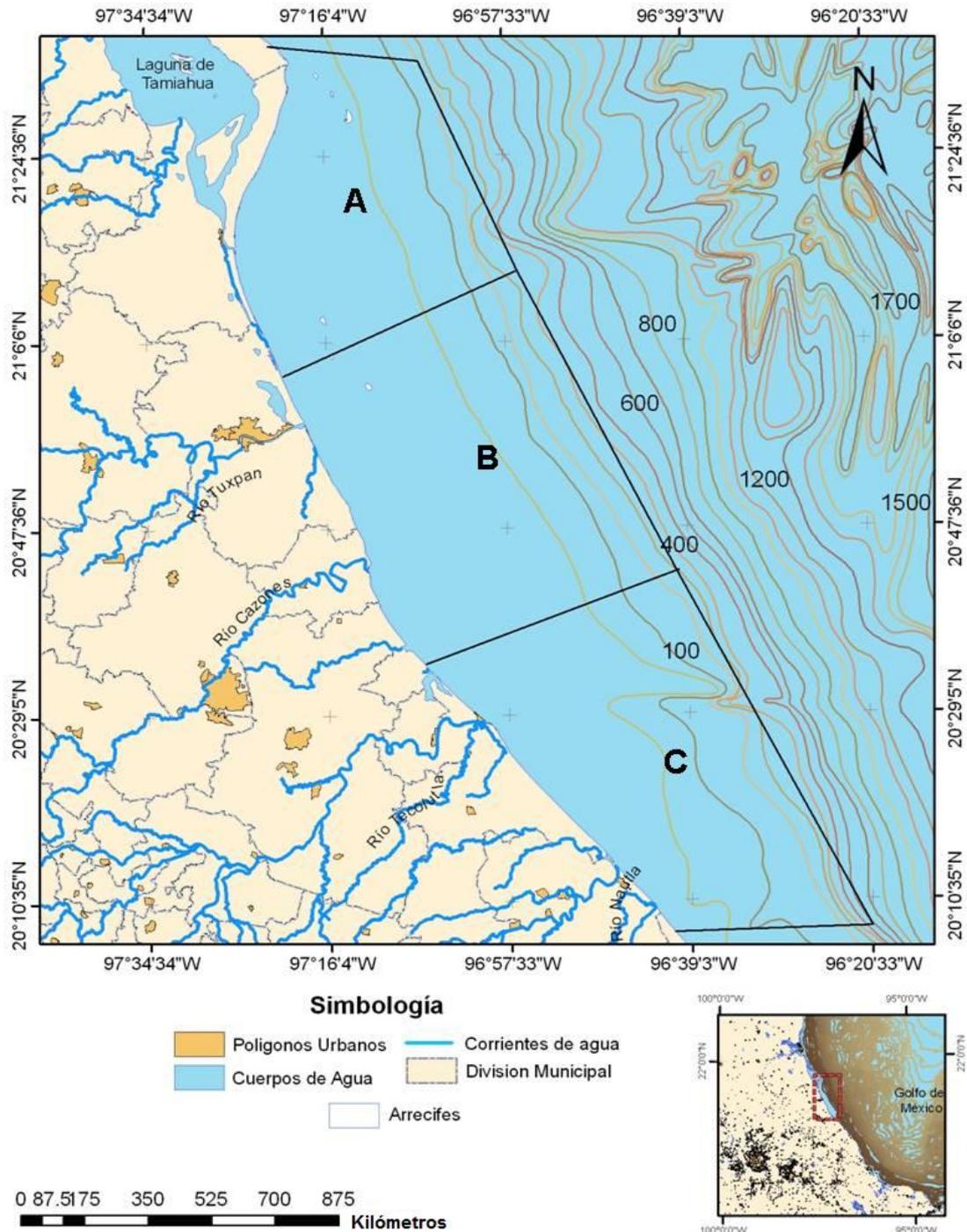
El Golfo de México es por sus dimensiones y características de cuenca semicerrada, un mar interior del Atlántico Tropical, también denominado como mar Mediterráneo de las Américas (Carson, 1980).

El Golfo de México tiene una oceanografía muy dinámica, alimentada por cinco masas de agua, adicionada con la presencia de corrientes de aire marítimo y tropical, las cuales interaccionan con masas de aire frío y seco provenientes del continente (Monreal-Gómez *et al.*, 2004). La batimetría es muy variable, la amplitud de la plataforma continental va desde 2 km en el canal de Yucatán, hasta 250 km en la parte norte de la Península de Yucatán (Monreal-Gómez *et al.*, 2004). En la parte Occidental donde el Golfo es limitado por los estados de Veracruz (área de estudio) y Tamaulipas, esta batimetría disminuye, lo que propicia condiciones óptimas para tener una gran diversidad de mamíferos marinos. La baja salinidad y las aguas ricas en nutrientes de las desembocaduras de ríos contribuyen a mejorar la productividad primaria y secundaria, lo cual, puede influir también en la presencia de mamíferos marinos, y manifestarse en un gran incremento de avistamientos en la zona litoral de los estados mexicanos ya mencionados (Jefferson y Lynn, 1994).

El área de estudio comprende la plataforma continental frente al Estado de Veracruz, abarca desde Tamiahua hasta Nautla (Fig. 2). Esta área comprende

aproximadamente 7,430.42 km<sup>2</sup>. Dentro del área de estudio se encuentra el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV) que es refugio de diversas especies de peces como de cetáceos (Heckel, 1992; Schramm, 1993; Barros y Wells, 1998; Connor *et al.*, 2000., Baumgartner *et al.*, 2001), también existen registros previos de toninas en la zona (Heckel, 1992; Schramm, 1993). SANV es el grupo de arrecifes más grande del litoral Mexicano Norte en el Golfo de México (González-Gándara *et al.*, 2006). Arbitrariamente se dividió el área de estudio en tres zonas de avistamiento, esto debido a que existen poblaciones diferentes de toninas, basados en trabajos de foto-identificación para la zona de Tamiahua (Heckel, 1992 y Schramm, 1993), Nautla (Ramírez *et al.*, 2005) y Tuxpan (Valdes-Arellanes *et al.*, 2010), que a continuación se presentan:

**A) Tamiahua:** Abarca desde punta Cabo Rojo (21° 35' N – 97° 19' W; 21° 34' N – 97° 06' W) al norte hasta la comunidad de San Antonio (21° 03' N – 97° 20' W; 21° 13' N – 96° 56' W) al sur, donde limita con la zona costera de Tuxpan. El área de estudio está caracterizada por la presencia de arrecifes coralinos y la desembocadura de la laguna de Tamiahua. **B) Tuxpan:** Limita al norte con la frontera litoral de Tamiahua (21° 03' N – 97° 20' W; 21° 13' N – 96° 56' W), y al sur hasta la zona de Casitas (20° 34' N – 97° 06' W; 20° 34' N – 96° 40' W). Esta zona incluye toda el área donde influyen las desembocaduras de los ríos Tuxpan y Cazones. **C) Nautla:** La zona de Nautla comprende a partir de donde termina la zona Casitas (20° 34' N – 97° 06' W; 20° 43' N – 96° 40' W) y toda la parte de las desembocaduras de los ríos Tecolutla y Nautla (20° 08' N – 96° 40' W; 20° 08' N – 96° 21' W).



**Figura 2.** Sistema Arrecifal Norveracruzano delimitado en tres sub-zonas: A) Tamiahua, B) Tuxpan y C) Nautla. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

## **4.2. Colecta de datos**

### *4.2.1. Navegación*

Las navegaciones tienen como objetivo localizar grupos de delfines con el fin de fotografiarlos. Se realizaron transectos lineales no sistemáticos, los cuales fueron trazados al azar sobre el área de estudio, para cubrir el máximo del área en cada zona, a una velocidad aproximada de 15 km/hr. Se utilizó este tipo de transectos por que ayudan a calcular la abundancia de los mamíferos marinos, lo cual permite colectar toda el área de una forma más económica y para que la probabilidad de encontrar las toninas sea aleatoria (Buckland *et al.*, 2001). Durante cada transecto se mantuvo la observación continua hacia ambos lados de la embarcación, con el fin de localizar grupos de delfines. Estas navegaciones únicamente se realizan cuando la escala de Beaufort (estado de la mar) es menor a 3 (Anexo I), debido a que se vuelve insegura la navegación.

Durante cada navegación, se anotan los siguientes datos: fecha, hora, posición geográfica (obtenida de un geoposicionador por satélite GPS), condiciones climatológicas y oceanográficas (luminosidad, visibilidad, estado del mar en la escala de Beaufort) y observaciones generales (Anexo II). Cualquier cambio en la dirección de la navegación y en las condiciones del estado del tiempo también se registra en las fichas.

Es importante mencionar que los avistamientos que se realizaron durante estos años, no fueron los mismos para cada una de las zonas, principalmente Nautla, ya que esta zona se encuentra distanciada de las zonas Tamiahua y Tuxpan, y

es también debido a las condiciones del lugar y el clima, por lo que el esfuerzo de avistamientos en esta zona fue menor.

### **4.3. Análisis de datos**

#### *4.3.1. Foto-identificación.*

En el momento de avistar un grupo de toninas, se acerca la lancha de manera no invasiva, paralela al grupo a no menos de 50 m. de distancia y a una velocidad reducida de acuerdo a lo establecido en la Autorización de Aprovechamiento (No Extractivo Vía Observación de Ballenas SEMARNAT 08-015-A). Al iniciar el avistamiento, se rellena una ficha de campo donde se registran los siguientes datos: hora del avistamiento, posición geográfica inicial, posición geográfica final, especie avistada, número de individuos por avistamiento y/o por grupo, comportamiento, tiempos de buceo y características individuales del grupo; así como datos técnicos relacionados con la toma de fotografías.

Se utilizó una cámara digital profesional Canon EOS Rebel 6.3 MP, con un lente zoom de 100-400 mm para fotografiar ambos lados de la aleta dorsal de cada individuo. Es importante tener una idea clara del número total de individuos presentes durante el avistamiento y las posiciones de cualquier subgrupo relacionado con el fotografiado (si más de un grupo fuera avistado). Esta coordinación entre fotógrafo y el patrón de lancha es esencial para lograr el mayor número de fotografías de alta calidad. Con este propósito, los tripulantes deben trabajar en cercana comunicación: mientras el patrón de la

lancha maniobra para mantener una posición adecuada respecto de las toninas, el fotógrafo toma las fotografías de la mayor cantidad de miembros del grupo, y el anotador registra el número y composición de los subgrupos encontrados, la presencia de organismos conocidos, y cualquier detalle de las actividades del grupo (Mareike, 2003). Generalmente se utiliza también una hoja de registro de fotografías, donde se anota el número de fotografías tomadas, la edad y sexo del animal fotografiado (cuando sea posible), asociaciones, y observaciones generales.

Cuando más de un grupo de delfines es encontrado durante una salida, cada uno es tratado como un avistamiento diferente en las notas y fotografías correspondientes. Cada uno tiene su propia hoja de registro. Se recomienda además que al final se fotografíe cualquier cosa diferente a un delfín (paisaje, persona, etc.), para hacer clara la separación entre los avistamientos. Se considera un nuevo avistamiento cuando hayan pasado diez minutos después de la última tonina avistada. Asimismo, un grupo es definido en este trabajo como aquel que incluya a todos los individuos que se estén moviendo generalmente en la misma dirección, interactuando uno con otro, o efectuando actividades similares. Típicamente, las toninas están dentro de un área de 100 m de diámetro (Irvine *et al.*, 1981).

Una vez tomadas las fotografías, las imágenes se ordenan. El objetivo es identificar la mejor imagen de la aleta dorsal de cada delfín, que se guarda en una carpeta para cada avistamiento. Este proceso comienza con la revisión de

las carpetas de cada avistamiento usando Adobe Photoshop 7.0. Estas imágenes son revisadas repetidamente y de manera seriada para identificar las fotografías mejor enfocadas, así como las imágenes de mala calidad (fuera de foco, no centradas, lejanas) (Fig. 3).

1.- (Mala – 0): Lejos, fuera de foco, no luz.

2.- (Pobre – 1): Lejos, poco foco, luz, algunas marcas distinguibles, ángulo, fracciones de aleta.

3.- (Suficiente – 2): Poco foco, ángulo, marca distinguibles suficientes para la comparación).

4.- (Excelente – 3): Cerca, buena luz, perpendicular a la cámara, marcas bien distinguibles.



**(Mala – 0)**



**(Pobre – 1)**



**(Suficiente – 2)**



**(Excelente – 3)**

**Figura 3.** Ejemplo de fotografías que se utilizan en la foto-identificación de los individuos de acuerdo a la asignación de la calidad.

Al mismo tiempo, se construye una base de datos con la información tomada en campo, y se le da un número de calidad a la fotografía, el cual fue de 0-1 (mala), 2 (buena) a 3 (excelente). Posteriormente cada aleta se identifica contra el catálogo existente. Esto se logra mediante la comparación de cada carpeta entre sí misma y con otras carpetas. De esta forma cada aleta se coteja con las otras aletas.

Cada uno de los procedimientos descritos en la etapa de foto-identificación, son realizados de manera independiente, por dos técnicos, de forma que se reduzca el error por criterios unilaterales y/o ambiguos. En caso de que los dos técnicos coincidan en que existe una similitud entre dos aletas dorsales, es llamado recaptura. En el caso en que la aleta dorsal analizada por los dos técnicos no presente similitud alguna, este animal es clasificado como un individuo nuevo, por lo cual le es asignado un número de identificación definitivo, y éste, es consecutivo al del último animal individualizado en el catálogo. El término individualizado, se refiere a la determinación de la identidad de una tonina en particular, reconocido mediante la forma de su aleta dorsal y las marcas presentes en ella (Würsig y Jefferson, 1990).

Todas las imágenes son guardadas en una carpeta usando el año, mes y día, así como el número de avistamiento y un número de secuencia que se le da a cada aleta (Mazzoil *et al.*, 2004) (Fig. 4).



**Figura 4.** Ejemplo de la clasificación de las aletas de los individuos.

Con los datos obtenidos de la foto-identificación y de las observaciones directas en campo de los grupos observados, se calcula el tamaño y composición de los grupos donde se anexan a los individuos adultos (A), juveniles (J), y crías (C). Debido a que durante este estudio no fue posible capturar a los delfines para medirlos y así determinar su grupo de edad (crías, joven y adulto), se tomaron en cuenta las siguientes características para definir crías y jóvenes durante las observaciones, de acuerdo con la definición de Shane (1990) y Heckel (1992).

- a) *Adulto*.- Individuo que nada con otros organismos de su misma edad y tamaño.
- b) *Juvenil*.- Individuo que nada junto a un adulto (posiblemente su madre) y que ocasionalmente se aleja hasta 100 m, y luego regresa junto al adulto. Los jóvenes pueden permanecer con sus madres durante aproximadamente 3 a 6 años (Scott *et al.*, 1990). Su talla es menor a la del adulto, pero mayor de la mitad de la longitud de este último.

- c) *Cría*.- Individuo que nada constantemente junto a un adulto (muy probablemente la madre) y cuyo tamaño no excede la mitad de la longitud del cuerpo de un adulto. Hasta los dos años de edad no tienen independencia, están siempre bajo la vigilancia de su madre.

#### **4.4. Distribución espacial y temporal**

4.4.1. *Distribución espacial*: Para poder obtener la distribución espacial de los avistamientos de las toninas, se utilizaron los datos tomados por medio de un GPS de cada avistamiento y estos se representaron en mapas con el programa ArcView 3.1. Lo anterior permite conocer las zonas donde se distribuyen los organismos.

4.4.2. *Distribución temporal*: Se determinó la abundancia de los organismos según las estaciones del año y se graficaron con el programa ArcView 3.1.

#### **4.5. Abundancia relativa**

La abundancia relativa se estimó por zona, por año, y por temporada de toda el área de estudio. Se tomó en cuenta las estaciones del año, por lo que se consideraron tres temporadas estacionales. Los datos que se registraron fueron la precipitación media para determinar la temporada de secas, la temperatura media ambiental para la determinación de las lluvias y la velocidad del viento y dirección para la temporada de nortes. Todos estos datos fueron proporcionados por la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), Servicio Meteorológico Nacional, 2010 (Ver Anexo III).

- ❖ Temporada de Secas: Marzo a Mayo
- ❖ Temporada de Lluvias: Mayo a Noviembre
- ❖ Temporada de Nortes: Septiembre a Abril

La determinación de la abundancia relativa se calculó a través de la razón:

$$A_r = \frac{N}{Eth} = \frac{\text{organismos}}{\text{horas}}$$

**Donde:**

N = número de organismos y Eth = esfuerzo total en horas (Buckland *et al.*, 2001).

Para comparar la abundancia relativa por zonas de colecta se utilizó un análisis no Paramétrico Kruskal Wallis, para establecer si existen o no diferencias significativas entre zonas. El análisis, se utilizó por que los datos de número de organismos por zona de colecta no presentaron una distribución normal (Sokal y Rohlf, 1995).

#### **4.6. Abundancia absoluta**

La abundancia absoluta se calcula utilizando la metodología del transecto lineal descrita por Buckland *et al.* (2001). Con esta metodología se logra una estimación de la abundancia basada en avistamientos durante navegaciones.

Los parámetros básicos de la estimación son:

$$N = DA_e = \text{organismo}$$

**Donde:**

$N$  = tamaño total de la población.

$D$  = densidad (número de animales por unidad de área).

$A_E$  = tamaño del área de estudio.

Para poder obtener los datos anteriores se requiere hacer una búsqueda de los organismos en transectos predeterminados para lograr una colecta representativa, además se miden distancias perpendiculares a las que son observadas las toninas y se toman los ángulos de las toninas con respecto a la lancha.

El modelo considera que a mayor distancia, menos animales son detectados. Por lo que para tener un dato más preciso sobre el tamaño de la población a estudiar, se debe de calcular cuántos animales no se observaron durante el transecto. Para ello, se estima una función de detección y estimación de la densidad de los organismos en el área de estudio (Begon, 1989; Buckland *et al.*, 2001). Esta información nos permite calcular un coeficiente de variación para la población estudiada (Buckland *et al.*, 2001). La abundancia se calcula utilizando el Software Distance Sampling, Versión 5.0, Release 2 (Thomas *et al.*, 2006). Se utiliza un (Modelo Polinomial Half-Normal)\* para el análisis de los datos.

---

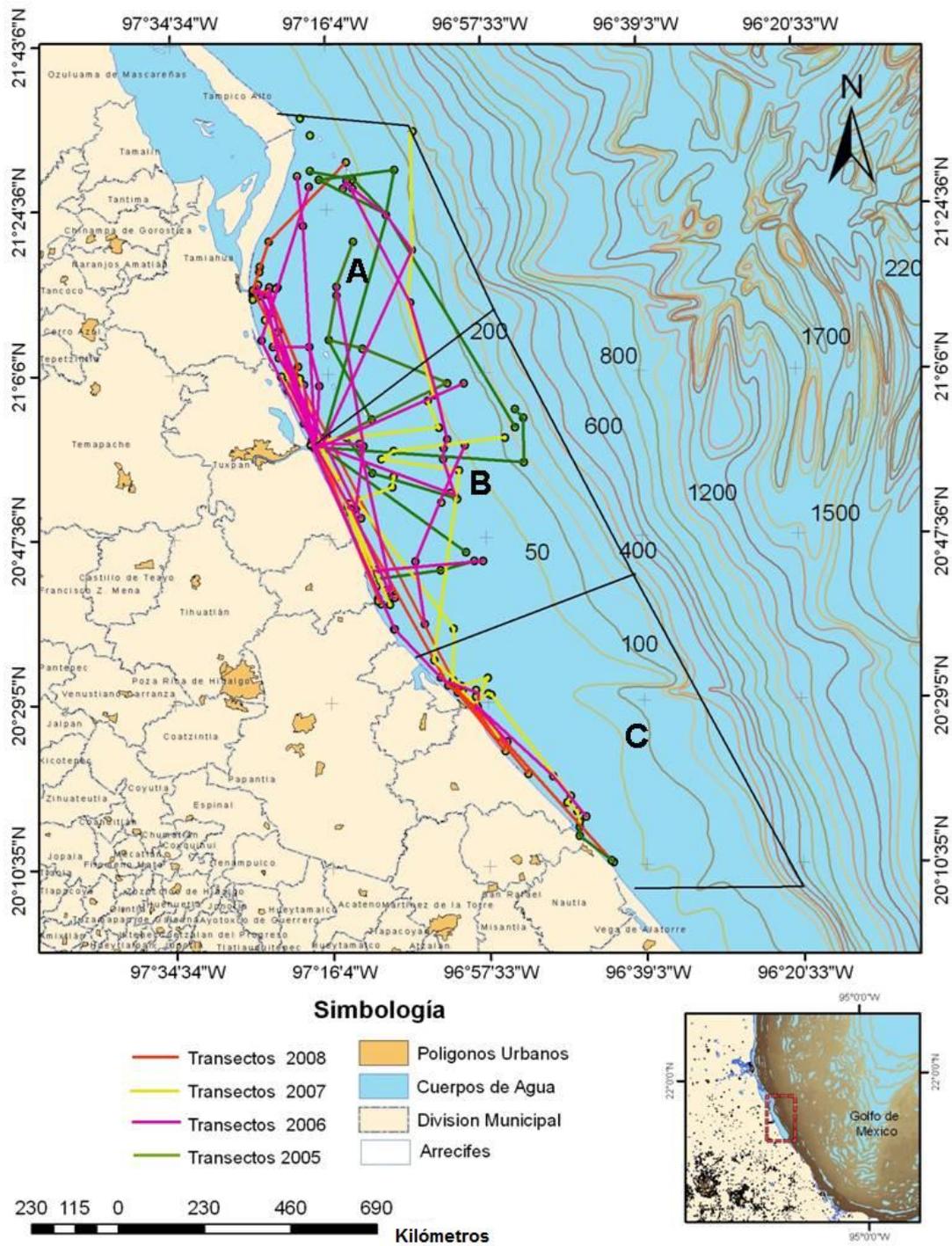
\* Es un modelo de fusión de detección, que usa conjuntos de datos para calcular la varianza de la densidad.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Muestreo

Durante el año 2005 al 2008, se realizaron un total de 89 salidas al mar, con un esfuerzo de búsqueda de 5.5 horas por cada muestreo en promedio. En total se tuvo un esfuerzo de 392.52 horas y se avistaron delfines en 59 salidas al campo de las 89 efectuadas y se tuvo un esfuerzo de 266.53 horas de los avistamientos realizados (Fig. 5).

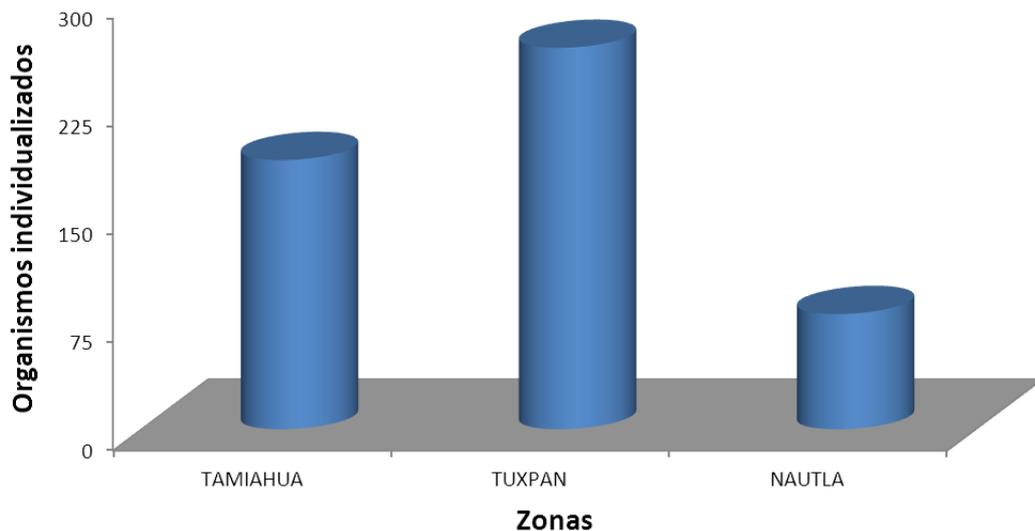
En la zona **A** el número de avistamientos fue de 20, con un esfuerzo de 95.76 horas, para la zona **B** fue de 39 avistamientos, con 130.24 horas de esfuerzo y finalmente la zona **C** presentó siete avistamientos, con un esfuerzo de 40.53 horas. Es importante mencionar que en algunas salidas, se cubrieron las tres zonas mencionadas, es por ello, que el número de avistamiento es más alto.



**Figura 5.** Localización geográfica de los recorridos en lancha en la zona del SANV. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

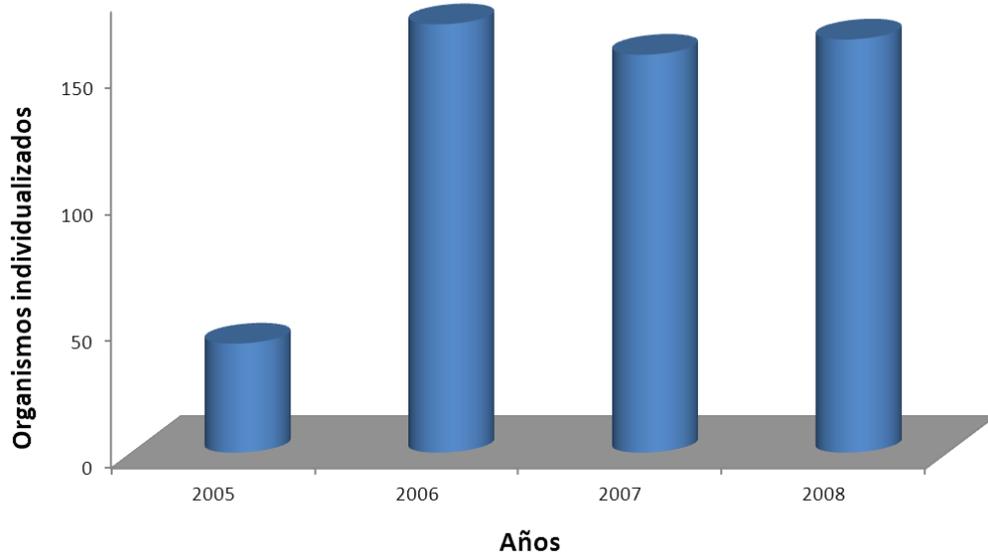
## 5.2. Foto-identificación

Se registró un total de 950 organismos observados en los cuatro años en toda el área de estudio, de los cuales, se obtuvo un total de 532 organismos foto-identificados. Del total, en la zona de Tamiahua obtuvo 187 organismos foto-identificados. Mientras que para la zona de Tuxpan se presentó el mayor número de individuos, con 265, y finalmente Nautla fue la zona que menor número de organismos foto-identificados presentó, con 80 (Fig. 6).



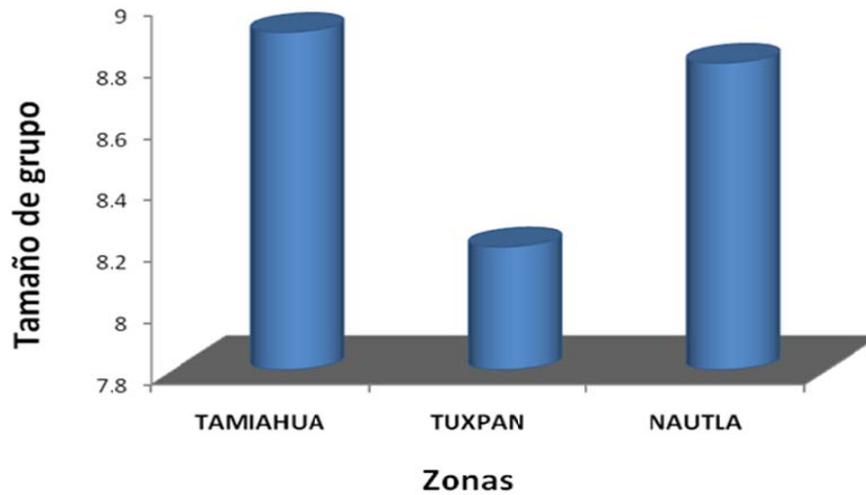
**Figura 6.** Número de organismos foto-identificados por zonas de colecta.

Estos organismos también fueron clasificados por año, los cuales se presentaron de la siguiente manera: 43 organismos corresponden al año 2005, 169 organismos en el año 2006, 157 organismos en el año 2007, y finalmente en el año 2008 se foto-identificaron 163 organismos (Fig. 7).



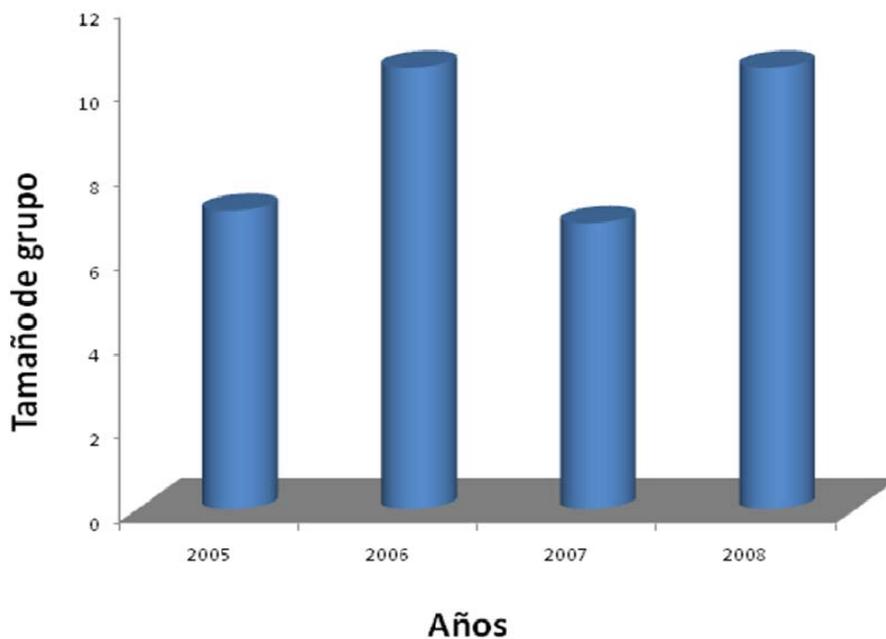
**Figura 7.** Total de organismos foto-identificados por años.

De las tres zonas avistadas, la que presentó el tamaño promedio de grupo máximo fue el de la zona de Tamiahua con 8.9 individuos por grupo identificados, posteriormente se presentó la zona de Nautla con un tamaño promedio de grupo de 8.8 individuos por grupo identificados y por último se presentó la zona de Tuxpan con un menor promedio de 8.2 individuos por grupo identificados (Fig. 8). Mediante un análisis Kruskal-Wallis se determinó que el tamaño promedio de grupo no presentó una diferencia significativa ( $p=0.822$ ;  $g.l=3$ ;  $H=0.361$ ).



**Figura 8.** Tamaño de grupo promedio por zona.

Por año, en el 2005 el tamaño promedio del grupo fue 7.1 individuos identificados, en el 2006 se identificaron 10.5 individuos, en el 2007 fue de 6.8 individuos identificados y en el 2008 se identificaron 10.5 individuos (Fig. 9).



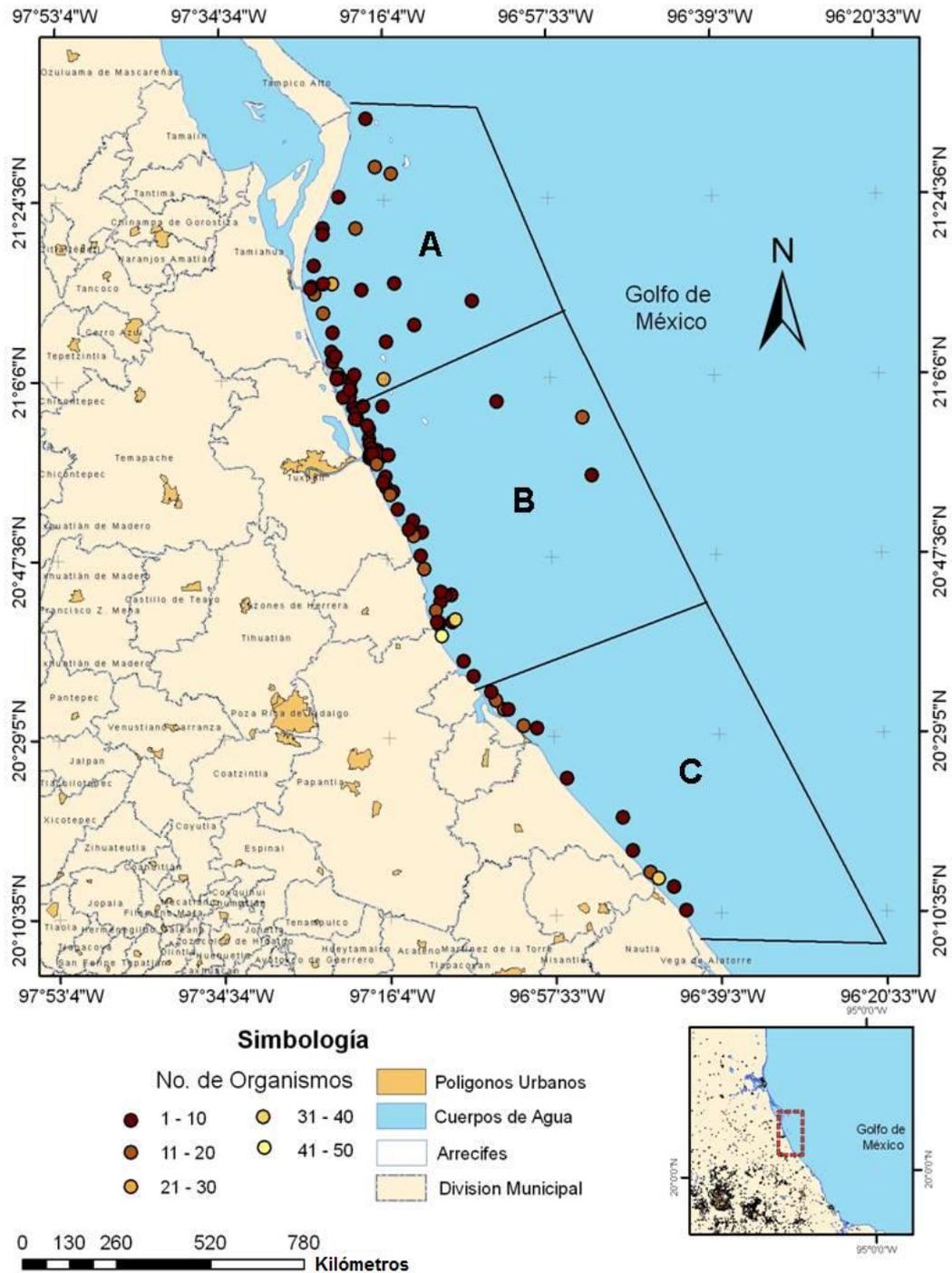
**Figura 9.** Tamaño promedio de grupo por año.

### **5.3. Distribución espacial y temporal**

#### *5.3.1. Distribución espacial*

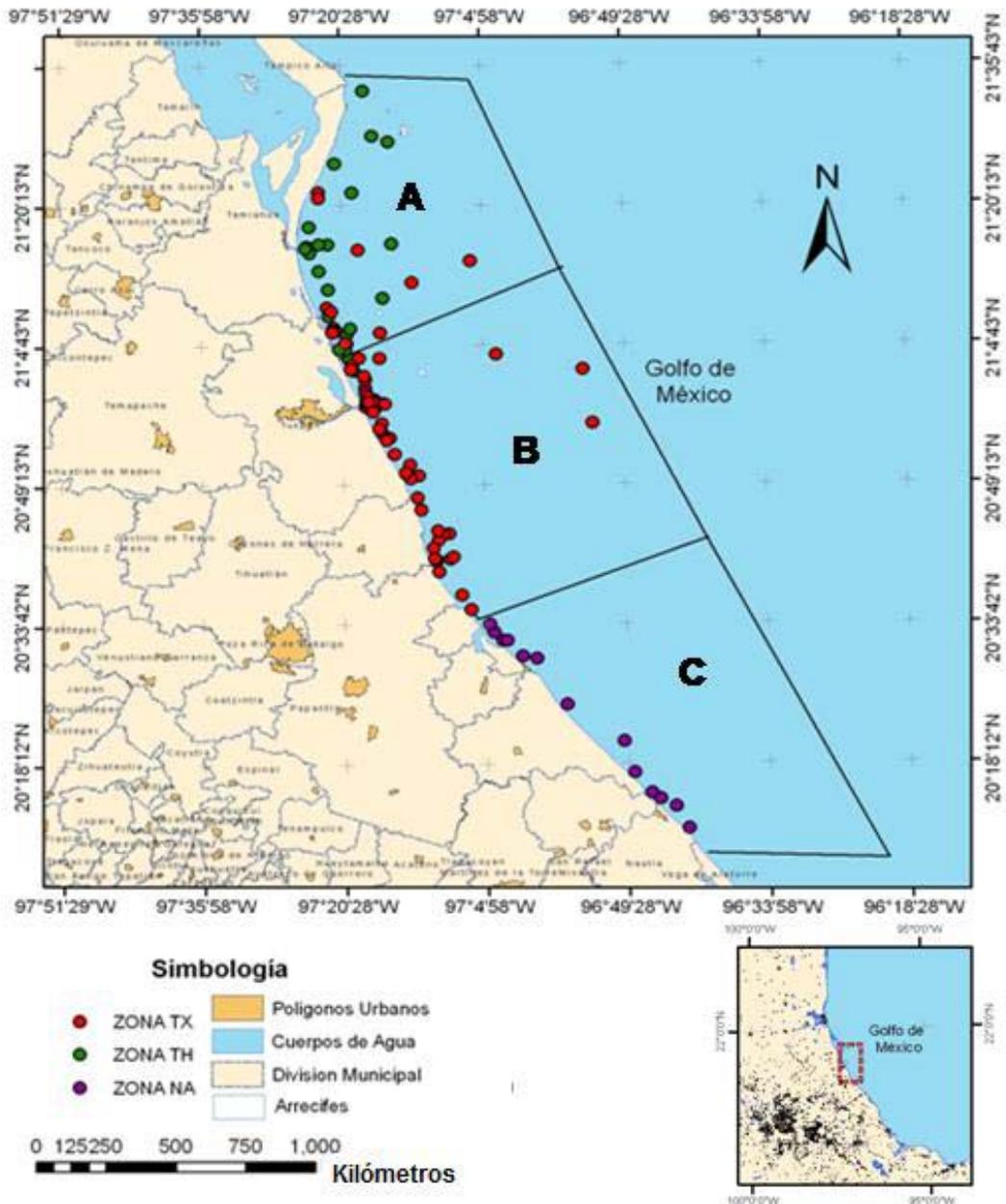
Con los datos que se obtuvieron de las posiciones geográficas de todos los avistamientos, se graficaron los puntos en un mapa, donde fueron avistadas las toninas durante los años 2005 al 2008 (Fig. 10).

Se observó que las toninas se distribuyen en casi toda la zona costera del área de estudio. Se observó que la mayoría de las toninas se avistaron cerca de las desembocaduras de los ríos (Tuxpan y Cazones) y de la laguna de Tamiahua. Los tamaños de grupos que más fueron avistados durante este estudio fueron de 2-10 organismos.



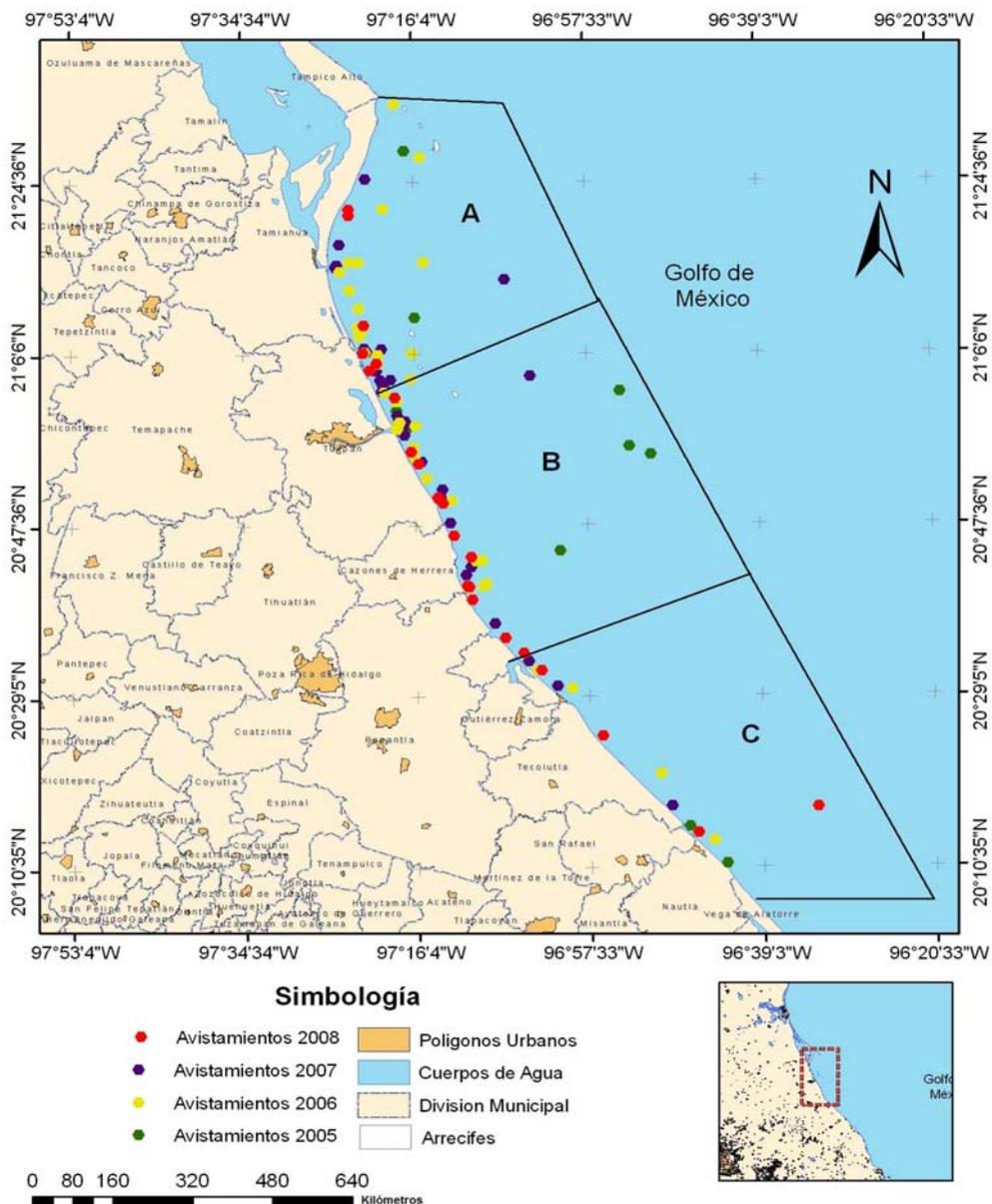
**Figura 10.** Distribución de los avistamientos de toninas en toda el área de estudio. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

La población de la zona de Tuxpan muestra una distribución más extendida que las poblaciones de toninas que se encuentran en Tamiahua y Nautla, (Fig. 11).



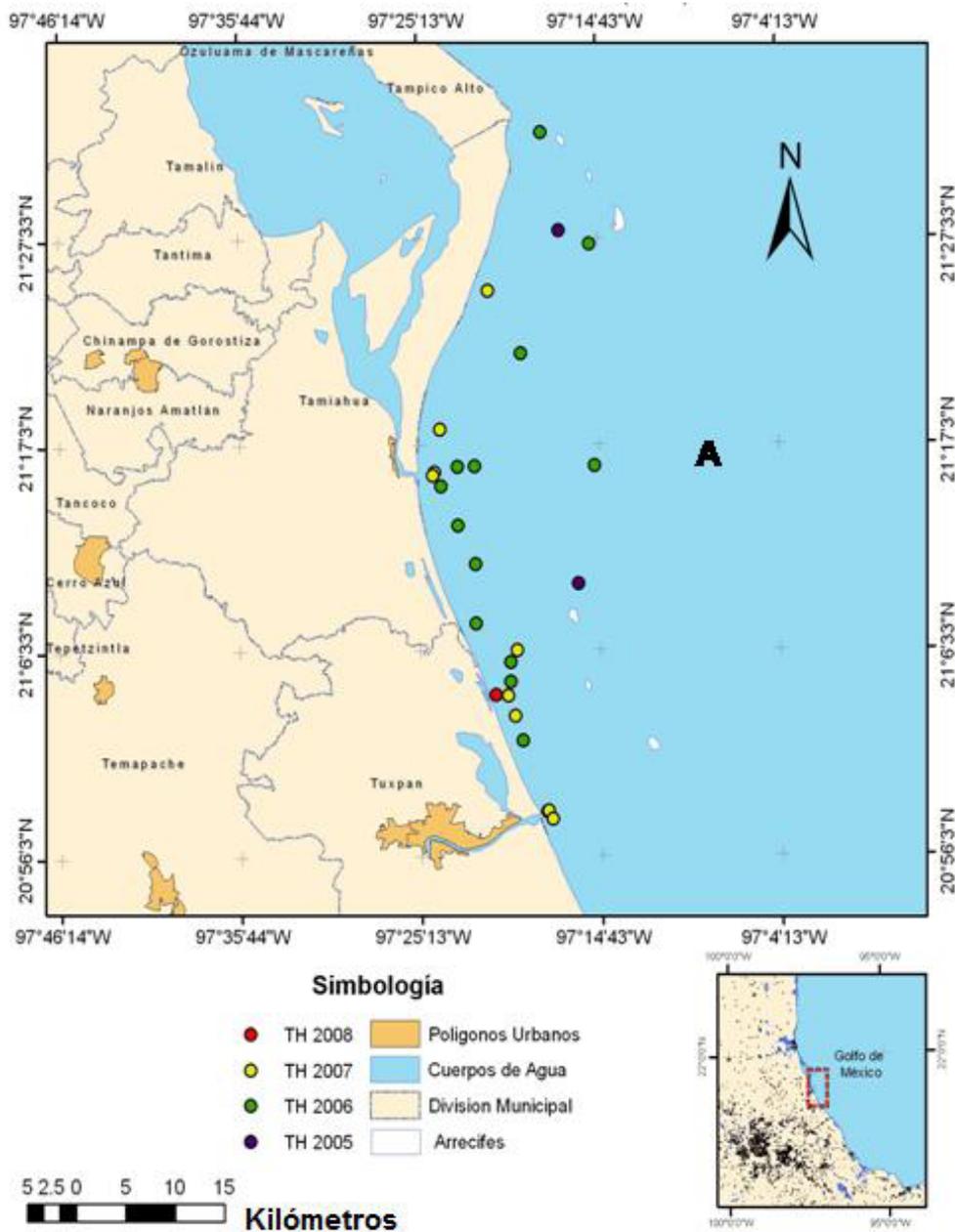
**Figura 11.** Distribución de las toninas por zona de colecta. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

De acuerdo a los años muestreados podemos observar que hay un intercambio de las toninas en toda el área de estudio y estos organismos se mantuvieron cerca de la desembocadura de los ríos y la laguna. En los años 2005 y 2007 hay algunas toninas que se encontraron alejadas de las desembocaduras de los cuerpos de agua (Fig. 12).



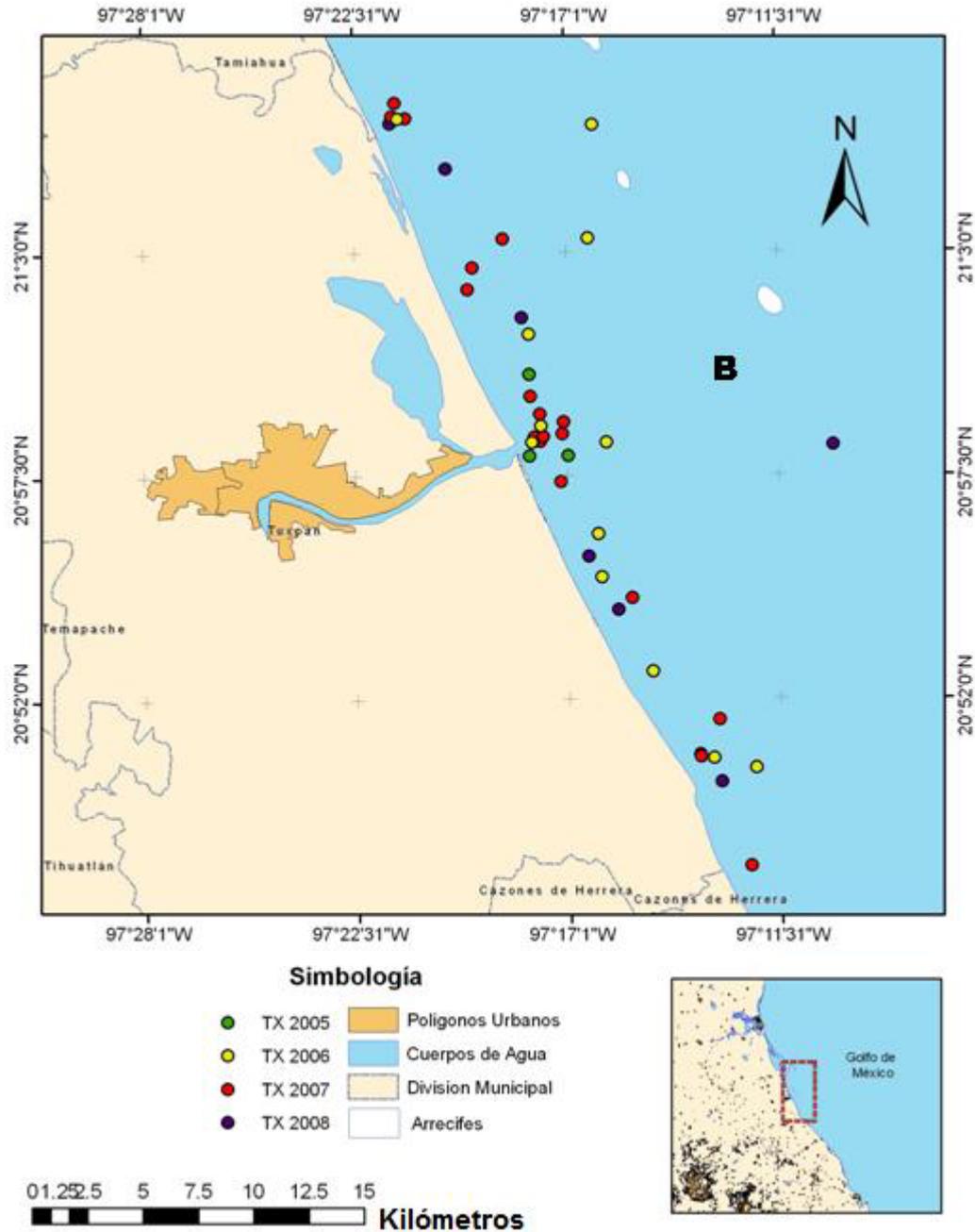
**Figura 12.** Distribución de las toninas durante el 2005 a 2008. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

Para la zona de Tamiahua en el año 2006, se puede observar que las toninas se distribuyen a lo largo de la zona, al igual que para el año 2007. Para los otros años los organismos mostraron una distribución más compacta (se observaron en una zona de 50 km<sup>2</sup>) (Fig. 13).



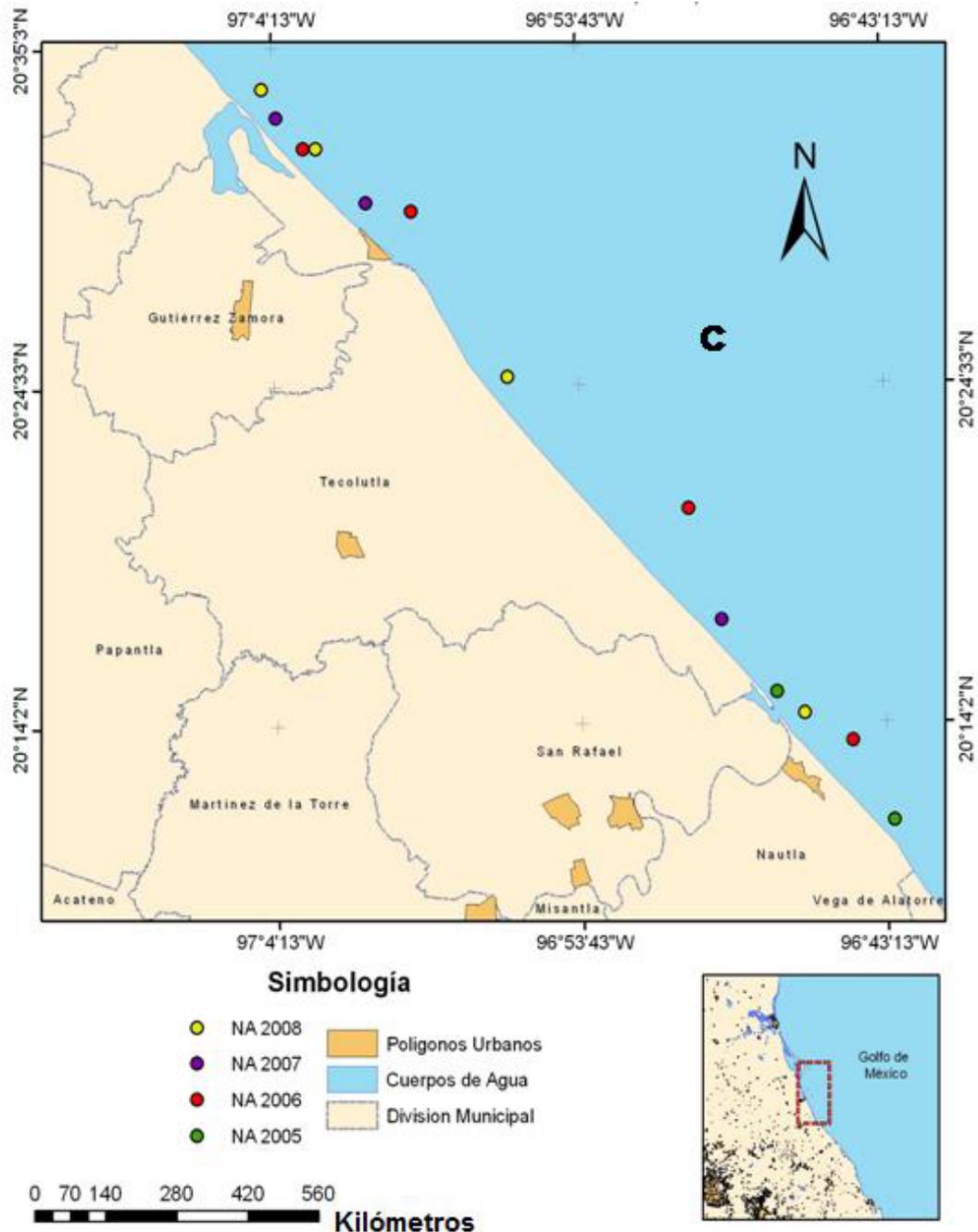
**Figura 13.** Distribución de las toninas dentro de la zona Tamiahua por cada año de colecta. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

Para la zona de Tuxpan los organismos en el año 2007 nadaron por toda la zona, seguido del año 2008, y en el año 2005 mostraron una distribución más compacta (Fig. 14).



**Figura 14.** Distribución de las toninas dentro de la zona Tuxpan por cada año de colecta. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

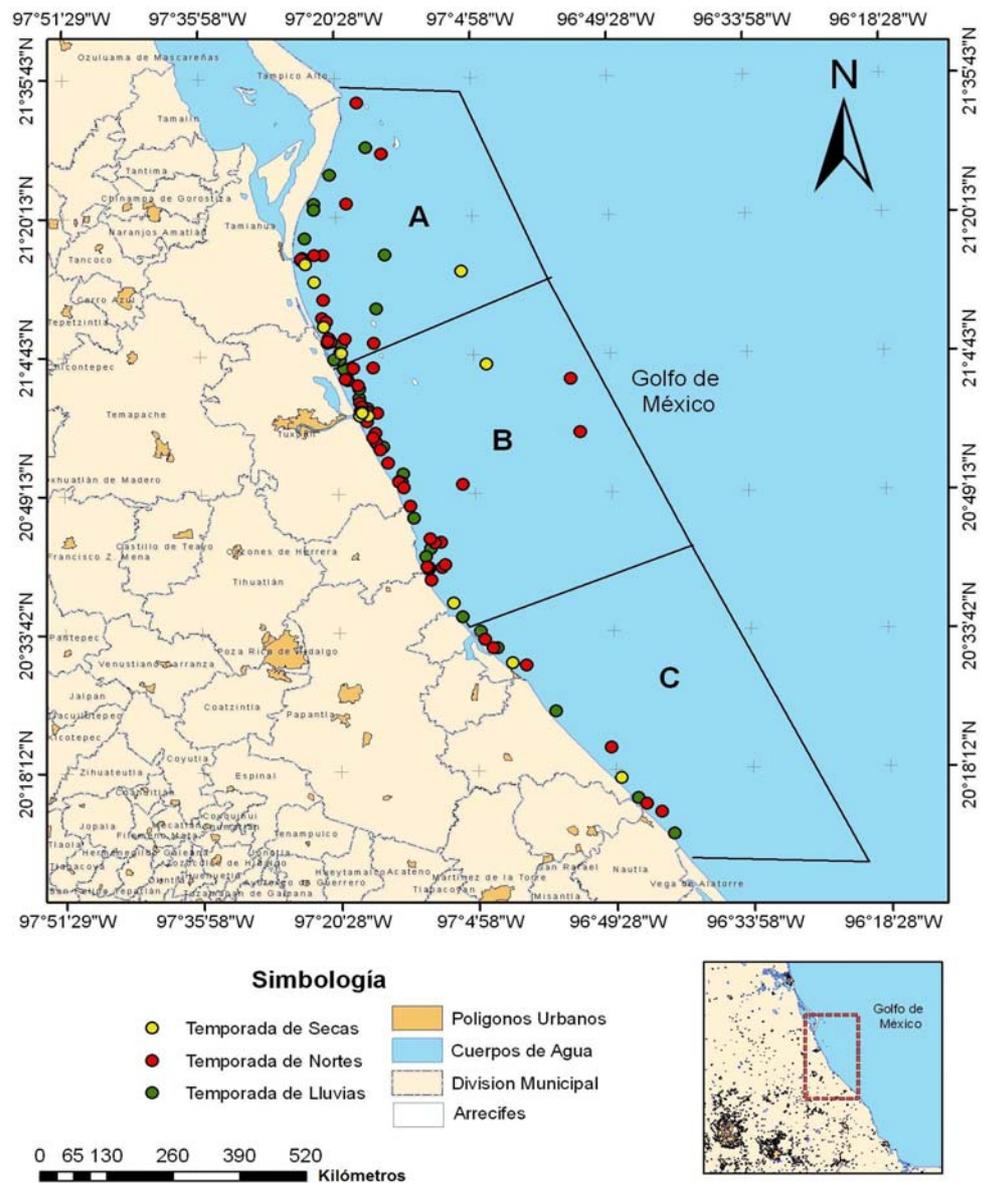
Para la zona de Nautla los años en que las toninas hicieron un uso de toda la zona litoral fueron en el año 2008 y 2006, seguido del 2007 y finalmente en el 2005 mostraron una distribución más compacta (Fig. 15).



**Figura 15.** Distribución de las toninas dentro de la zona Nautla por cada año de colecta. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

### 5.3.2. Distribución temporal

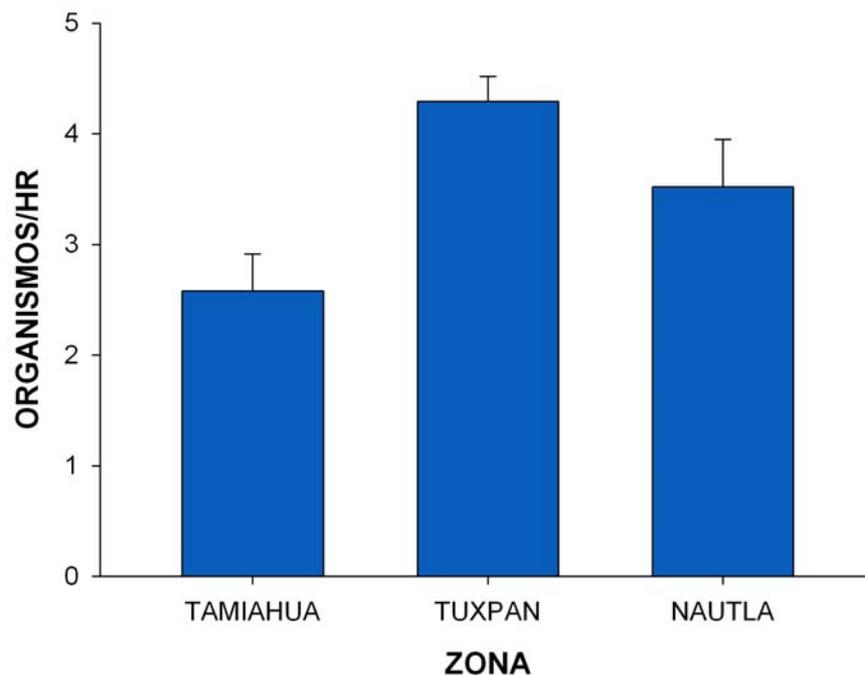
Se observó que las toninas se avistaron cerca de la desembocadura de los ríos y la laguna de Tamiahua en la temporada de nortes y lluvias, y para la temporada de secas las toninas se observaron más alejadas de los cuerpos de agua (Fig. 16).



**Figura 16.** Clasificación de temporadas de las toninas dentro de las zonas de colecta. Información Cartográfica. Proyección: UTM 14 Q. Datum: WGS84. Elaborado: Laboratorio de Geomática Tropical (Alanís y Raya, 2010).

#### 5.4. Abundancia relativa

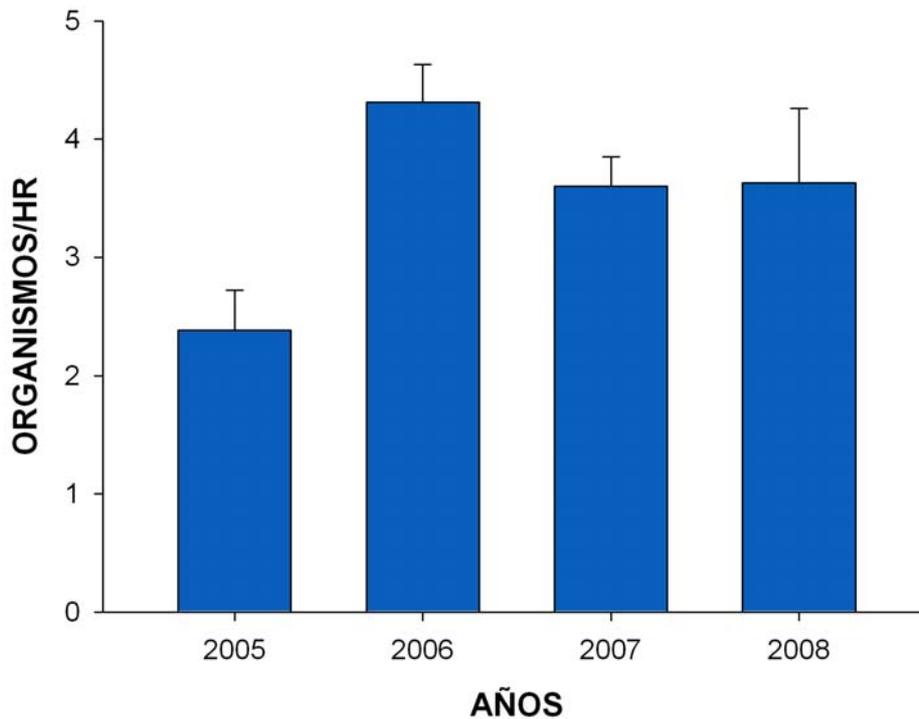
La abundancia relativa para toda el área de estudio de los años 2005 al 2008 fue de 3.56 organismos/hora, y para cada una de las zonas las abundancias relativas fueron de 2.58 organismos/hora para la zona de Tamiahua, 4.29 organismos/hora para la zona de Tuxpan y 3.52 organismos/hora para la zona de Nautla respectivamente (Fig. 17). El análisis de Kruskal-Wallis, determinó que la abundancia relativa por zonas no presentó una diferencia significativa de individuos ( $p= 0.7$ , g.l.= 2,  $H= 0.449$ ).



**Figura 17.** Abundancia relativa de los organismos observados por zona de colecta.

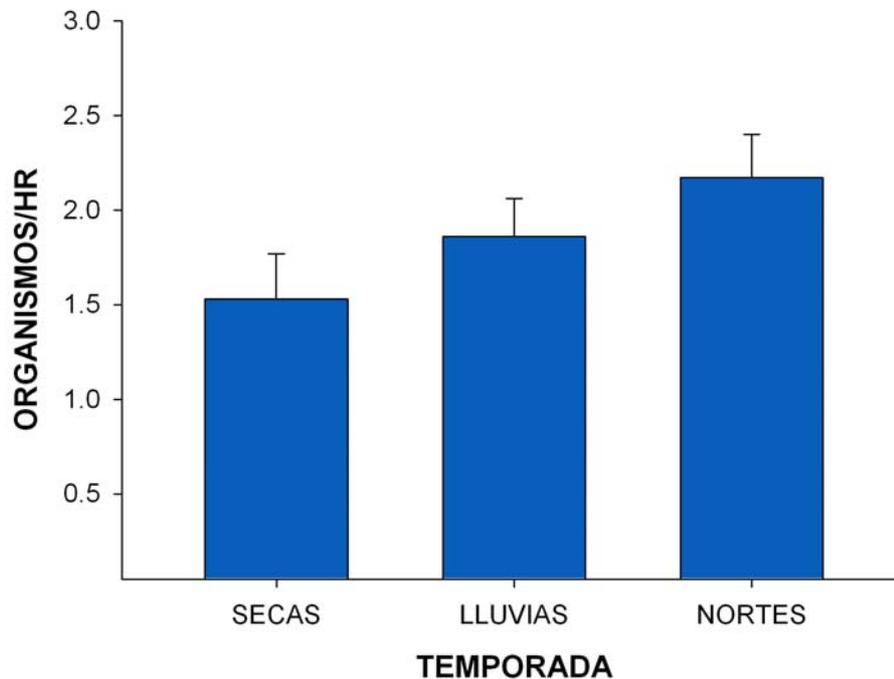
En el año 2005 se obtuvo una abundancia de 2.38 organismos/hora, en el año 2006 fue de 4.31 organismos/hora, para el año 2007 la abundancia fue de 3.60 organismos/hora, y en el año 2008 la abundancia fue de 3.63 organismos/hora

(Fig. 18). Por años, se encontró que la abundancia relativa no presentó una diferencia significativa de individuos (2005  $p= 0.5$ ; 2006  $p= 0.9$ ; 2007  $p= 0.9$ ; 2008  $p= 0.5$ ).



**Figura 18.** Abundancia relativa de los organismos observados por año.

Durante estos años también se clasificaron a estos organismos según la temporada del año. Para la temporada de secas se tuvo un abundancia de 1.53 organismos/hora, mientras que para la temporada de lluvias fue de 1.86 organismos/hora y finalmente la temporada de nortes fue de 2.17 organismos/hora (Fig. 19).



**Figura 19.** Abundancia relativa de los organismos observados por temporadas.

### **5.5. Abundancia absoluta**

Utilizando la metodología de colecta a distancia (Buckland *et al.*, 2001) se estimó que la abundancia total de los organismos para toda el área de estudio fue de 2632.0 organismos (CV= 10.37%), la densidad fue de 0.35 organismos/km<sup>2</sup> (CV= 10.37%), y la densidad del grupo fue de 0.35 grupos/km<sup>2</sup> (CV= 10.37%) (Cuadro 1). Los organismos, la densidad y densidad de grupo tienen el mismo %CV y gl por que para hacer sus estimaciones generan números al azar, en ocasiones estos no son números enteros.

**Cuadro 1.** Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de organismos de los años 2005 al 2008, usando el modelo polinomial Half-Normal.

Descripción	Estimación	%CV	gl	95%	Intervalo de confianza
Densidad del grupo	0.35428	10.37	263	0.28902	0.43427
Densidad	0.35428	10.37	263	0.28902	0.43427
Abundancia	2632.0	10.37	263	2148.0	3227.0

**%CV:** Coeficiente de Variación

**gl:** grados de libertad

La abundancia total de los organismos por zona de colecta, la zona de Tamiahua fue de 1639.0 organismos (CV= 26.99%), la densidad fue de 0.90 organismos/km<sup>2</sup> (CV= 26.99%), y la densidad del grupo fue de 0.90 grupos/km<sup>2</sup> (CV= 26.99%) (Cuadro 2). Para la zona Tuxpan fue de 1032.0 organismos (CV= 17.60%), la densidad fue de 0.36 organismos/Km<sup>2</sup> (CV= 17.60%), y la densidad del grupo fue de 0.36 grupos/km<sup>2</sup> (CV= 17.60%) (Cuadro 3). Finalmente, la zona Nautla tuvo una abundancia de 835.0 organismos (CV= 33.88%), la densidad fue de 0.29 organismos/km<sup>2</sup> (CV= 33.88%), y la densidad del grupo para esta zona fue de 0.29 grupos/km<sup>2</sup> (CV= 33.88%) (Cuadro 4).

**Cuadro 2.** Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de los organismos de la zona Tamiahua, usando el modelo polinomial Half-Normal.

Descripción	Estimación	%CV	gl	95%	Intervalo de confianza
Densidad del grupo	0.90708	26.99	56	0.53325	1.5430
Densidad	0.90708	26.99	56	0.53325	1.5430
Abundancia	1639.0	26.99	56	964.0	2789.0

**%CV:** Coeficiente de Variación

**gl:** grados de libertad

**Cuadro 3.** Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de los organismos de la zona Tuxpan, usando el modelo polinomial Half-Normal.

Descripción	Estimación	%CV	gl	95%	Intervalo de confianza
Densidad del grupo	0.36758	17.60	129	0.26016	1.51936
Densidad	0.36758	17.60	129	0.26016	1.51936
Abundancia	1032.0	17.60	129	730.0	1458.0

**%CV:** Coeficiente de Variación

**gl:** grados de libertad

**Cuadro 4.** Resumen de la estimación de la abundancia y densidad de los organismos de la zona Nautla, usando el modelo polinomial Half-Normal.

Descripción	Estimación	%CV	gl	95%	Intervalo de confianza
Densidad del grupo	0.29650	33.88	34	0.15180	0.57912
Densidad	0.29650	33.88	34	0.15180	0.57912
Abundancia	835.0	33.88	34	427.0	1631.0

**%CV:** Coeficiente de Variación

**gl:** grados de libertad

## 6. DISCUSIÓN

### **6.1. Foto-identificación**

Las poblaciones de toninas que se estudiaron se observaron principalmente cerca de los ríos presentes en cada zona así como en la desembocadura de la laguna de Tamiahua, lo cual coincide con lo publicado en cuanto a su distribución en lagunas costeras, desembocaduras de ríos, zona litoral nerítica y oceánica del Golfo de México (Delgado-Estrella, 1991).

Para la zona de Tamiahua se había calculado un tamaño poblacional de toninas de 58 organismos para 1992 por (Heckel (1992) y 41 toninas en 1993 para la misma zona por (Schramm (1993). Ambas cuantificaciones fueron realizadas en la zona de Tamiahua, Veracruz, usando la técnica de foto-identificación y el modelo de Darling-Morowitz (1986). La diferencia entre los resultados reportados con anterioridad y este estudio radica en las metodologías empleadas. El modelo de Darling – Morowitz (1986) requiere de varias recapturas de un mismo individuo y no tiene manera de calcular su grado de incertidumbre, lo cual hace que sea un modelo muy poco confiable. El modelo de Jolly-Seber (1965) requiere que cada individuo sea recapturado por lo menos tres veces, lo que lo convierte en un modelo extremadamente difícil de utilizar en delfines. Esto, porque los delfines son organismos altamente móviles, y que no siempre tienen marcas distinguibles en su cuerpo. Considerando lo anterior, es muy probable que los resultados reportados por Heckel (1992) y Schramm (1993) sean imprecisos. Otras razones para la

diferencia en resultados radican en que se hicieron en diferentes periodos de colecta y zonas. Heckel (1992), efectuó 19 salidas al campo de mayo de 1990 a noviembre de 1991 a la Laguna de Tamiahua, mientras que Schramm, realizó 12 salidas al campo a la Laguna de Tamiahua y aguas adyacentes, durante junio de 1991 a mayo de 1992. En el presente trabajo se individualizaron para esta misma zona un total de 187 organismos. En este estudio se colectó en la costa y mar adentro, para cubrir más área e intentar observar un mayor número de organismos. Valdes-Arellanes *et al.* (2010) foto-identificaron a 202 organismos para la zona Norte de Veracruz (Tamiahua y Tuxpan) de éstos organismos, 118 pertenecieron a la zona de Tamiahua y 84 a Tuxpan. Para este trabajo en la zona de Tuxpan se foto-identificaron 265 organismos. La diferencia entre estos dos trabajos se encuentra en que el tiempo y periodo de colecta fue más largo que el de Valdes-Arellanes *et al.* (2010).

Otro estudio fue el que se hizo en el Golfo de Hauraki, Nueva Zelanda, donde se foto-identificaron un total de 162 individuos, durante cuatro años de estudio (Berghan *et al.*, 2008). Para este trabajo, los organismos foto-identificados fueron 532 como se menciona primeramente, el tiempo fue de cuatro años al igual que el trabajo mencionado y el área de colecta fue menor para ese estudio referido. La diferencia entre estos dos últimos trabajos ya comentados es que utilizaron la misma técnica de foto-identificación y trabajaron con la misma especie, a pesar de que las toninas de esos trabajos son de aguas muy frías y de otras condiciones oceanográficas.

## **6.2. Distribución**

### *6.2.1. Distribución espacial*

*T. truncatus* es un organismo que se observó principalmente cerca de las zonas costeras (40 m de profundidad) y muy cercano a la desembocadura de los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla, así como la laguna de Tamiahua. Coincidiendo de esta manera con Galindo *et al.* (2009) donde señala que las toninas en la zona costera norte-centro de Veracruz, es la más abundante y la cual se distribuye cerca de las desembocaduras de los cuerpos de agua, debido a que los delfines utilizan estas áreas como sitios de alimentación (Heckel, 1992).

Baumgartner *et al.* (2001), argumentan que las toninas del ecotipo nerítico en el norte del Golfo de México se han observado sobre la plataforma continental hasta una profundidad de aproximadamente 150 m. Así mismo Schramm (1993) encontró que la distribución espacial de los tursiones en la zona Sur de la Laguna de Tamiahua y aguas adyacentes no es homogénea y que utilizan las aguas adyacentes a la boca de la laguna para alimentarse y reproducirse, mientras que dentro de la laguna solo se alimentan. Las toninas costeras se encuentran con mayor frecuencia dentro de las lagunas costeras y cerca de la desembocadura de los ríos. Incluso dentro de las lagunas costeras se ha observado que las toninas usan con mayor frecuencia ciertas zonas para alimentación y otras para crianza (Delgado- Estrella, 2002). Es importante mencionar que en este trabajo no se realizaron colectas dentro de la laguna de Tamiahua porque se ha observado que los organismos ya no entran a ella,

probablemente por el asolvamiento de la laguna. Los resultados de este estudio coinciden con todos los autores anteriormente mencionados. Las toninas prefieren estos lugares debido a que significan áreas de crianza y refugio de fases larvales de peces y crustáceos (una vez en fase adulta) llegan a hacer presas viables para las toninas (Baumgartner *et al.*, 2001; Tuner, 1977).

Un estudio en la costa del Atlántico de los estados Unidos de América, mostró que todas las toninas observadas hasta una distancia de 7.5 km de la costa pertenecían al ecotipo costero, mientras que todas las toninas observadas a más de 34 km de la costa pertenecían al ecotipo oceánico (Torres *et al.*, 2003). Es importante señalar que en el Golfo de México esto es diferente, ya que la Plataforma Continental es más extensa, teniendo una extensión de hasta 100 km de distancia. Razón por la cual se han observado toninas costeras a más de 12 km de la costa (Fig. 9). Sin embargo, los avistamientos de las toninas se establecieron principalmente cerca de la desembocadura de los ríos y la laguna de Tamiahua. Posiblemente estas toninas prefieren estos lugares debido a que potencialmente pueden ser áreas de crianza, y refugio de peces y crustáceos, los cuales son presas potenciales para las toninas (Baumgartner *et al.*, 2001; Tuner, 1977). Estudios sobre la alimentación de las toninas muestran que en el Golfo de México sus presas principales son las lisas (*Mugil cephalus*, *Mugil curema*) y sábalos (*Curimatorbis platanus*, *Curimatus platanus*), además de un sinnúmero de especies diferentes (Ellis, 1989). Todas estas especies se encuentran en los sitios donde fueron observadas las toninas en este estudio (González-Gándara, 2003; Argüelles, 2008). Las toninas son organismos

oportunistas y presentan una gran flexibilidad de comportamiento (plasticidad), esto es muy evidente y diverso en cuanto a sus técnicas y tipo de alimentación (Reynolds *et al.*, 2000). Es importante señalar que en diversas ocasiones las toninas fueron avistadas cerca de los barcos camaroneros y atuneros, los cuales, realizan actividades pesqueras dentro de las zonas de estudio cerca de la costa, las toninas se alimentan de los peces desechados de las redes, confirmando así que son organismos oportunistas. En otro trabajo realizado en la bahía de Sarasota, Florida, se determinó que *Opsanus beta* fue la especie más abundante en el contenido estomacal del *T. truncatus* con un 34.8%, posteriormente la especie *Lagodon rhomboides* (9.4%), *Elops saurus* (7.9%) y *Cynoscion nebulosus* (7.5%) (McCabe *et al.*, 2010). Considerando lo anterior se sugiere que las toninas en el SANV no necesitan trasladarse de una zona a otra en busca de alimento, ya que en estas zonas pueden encontrar alimento en abundancia.

Para la temporada de lluvias y nortes las toninas se observaron cerca de la costa, principalmente de la desembocadura de los cuerpos de agua, probablemente por que utilizan estos sitios como refugio y zona de alimentación. De acuerdo con Ross *et al.* (1989) y Hui (1985), las zonas con mayor número de avistamientos pueden ser consideradas como zona preferidas y que este incremento puede relacionarse con la concentración de recursos alimentarios, coincidiendo de esta manera con lo encontrado en el presente estudio. Así mismo, se ha propuesto que la permanencia de las toninas se relaciona principalmente con una estabilidad en la producción de

recursos alimentarios a lo largo del tiempo (Wilson *et al.*, 1997), lo cual podría resultar en áreas más propicias para actividades de alimentación y reproducción (Irvine *et al.*, 1981) o para evitar a los depredadores (Scott *et al.*, 1990).

La distribución de las toninas se registró principalmente en la desembocadura de los ríos existentes y de la laguna de Tamiahua coincidiendo así con Baumgartner *et al.* (2001) quien argumenta que las toninas del ecotipo nerítico en el norte del Golfo de México se han observado sobre la plataforma continental hasta una profundidad de 150 m. Estos organismos utilizan estas áreas como sitios de alimentación (Heckel, 1992) y utilizan las mareas bajas para capturar su alimento.

Durante la temporada de secas fueron pocos los avistamientos de toninas que se realizaron, debido a que estos organismos se mueven a aguas más profundas, cuando hay escases de alimento cerca de las desembocaduras de los cuerpos de agua. Existen estudios que han demostrado que cetáceos son organismos que tienden a cambiar su distribución de acuerdo a fluctuaciones estacionales e interanuales de las condiciones oceanográficas (Reilly y Fiedler, 1994). El SANV, en particular, parece servir de refugio de las toninas, ya que es la zona que tiene una productividad biológica alta, debido a los cuerpos de agua que presenta y a los sistemas arrecifales que albergan una gran biodiversidad biológica.

### **6.3. Abundancia**

#### *6.3.1. Abundancia relativa*

Heckel (1992) estimó la abundancia relativa para Tamiahua en 3.8 organismos/hora, con un esfuerzo de navegación de 78.13 horas y Schramm (1993) la estimó en 5.2 organismos/hora para esta misma zona y con un esfuerzo de navegación de 66.53 horas. Valdes-Arellanes *et al.* (2010) calculó 2.31 organismos/hora para la zona de Tamiahua y 2.22 organismos/hora para la zona de Tuxpan, con un esfuerzo de navegación de 186.6 horas. En este trabajo la abundancia relativa para toda el área de colecta fue de 2.42 organismos/hora, para Tamiahua fue de 2.91 organismos/hora, para Tuxpan de 2.38 organismos/hora y finalmente Nautla de 3.49 organismos/hora, con un esfuerzo de 392.52 horas. No hubo diferencias significativas entre las zonas. Esto nos lleva a suponer que en el hábitat de las tres poblaciones existen condiciones similares (cantidad de alimento, protección para crías etc.) que nos llevan a tener tamaños poblacionales de toninas similares. Para estas mismas zonas Galindo *et al.*, 2009 reportó una abundancia de cetáceos para el área de estudio de 2.25 cetáceos/hora y para cada una de las zonas fueron de 0.66 cetáceos/hora para la zona de Tamiahua, 0.55 cetáceos/hora para la zona de Tuxpan y 1.13 cetáceos/hora para la zona de Casitas, con un esfuerzo de 102.47 horas. Es importante mencionar que Galindo *et al.* (2009) centraron su trabajo en todas las especies de cetáceos que existen en la zona y no exclusivamente en toninas.

### 6.3.2. Abundancia absoluta

Para la zona se han reportado abundancias de 44 y 69 toninas (Heckel, 1992; Schramm, 1993) respectivamente, utilizando los modelos de Darling – Morowitz (1986), Jolly-Seber (1965) para hacer las estimaciones de abundancia. La diferencia entre los resultados reportados con anterioridad y este estudio radica en las metodologías empleadas. El modelo de Darling – Morowitz (1986) requiere de varias recapturas de un mismo individuo y no tiene manera de calcular su grado de incertidumbre, lo cual hace que sea un modelo muy poco confiable. El modelo de Jolly-Seber (1965) requiere que cada individuo sea recapturado por lo menos tres veces, lo que lo convierte en un modelo extremadamente difícil de utilizar en delfines. Esto, porque los delfines son organismos altamente móviles, y que no siempre tienen marcas distinguibles en su cuerpo. Considerando lo anterior, es muy probable que los resultados reportados por Heckel (1992) y Schramm (1993) sean imprecisos.

Valdes-Arellanes *et al.* (2010) cuantifican una población de 456 toninas  $\pm$  123 (equivalente a un CV de 26.97%) para toda el área de estudio (Tamiahua y Tuxpan), mientras en la zona de Tamiahua, reportan 309  $\pm$  143 (equivalente a un CV de 46.27%) y para la zona de Tuxpan, 243 toninas  $\pm$  165 (equivalente a un CV 67.90%). Utilizando el modelo modificado de Jolly-Seber (1965).

Por otro lado, en este trabajo se reportan 2,632 toninas (con un CV= 10.37%) para toda el área de estudio (Tamiahua, Tuxpan, Nautla), mientras para la zona de Tamiahua fue de 1,639 organismos (con un CV= 26.99%) Tuxpan fue de

1,032 organismos (con un CV= 17.60%), y finalmente la zona Nautla tuvo una abundancia de 835 organismos (con un CV= 33.88%). La diferencia radica en las metodologías empleadas. Valdes-Arellanes *et al.* (2010) trabajaron con el modelo de Jolly-Seber (1965) y tuvieron un rango de error mayor al 40%, debido a que no tuvieron suficientes recapturas para cada individuo avistado. En este trabajo se tuvo una alta precisión (rango de error menor al 20% con excepción de la zona de Nautla) ya que se empleó la metodología de muestreo a distancia (Buckland *et al.*, 2001) la cual es mucho más precisa y eficiente, ya que no necesita tener muchas colectas para calcular la población de un área y tener un margen de error bajo. Tamiahua fue la zona que contuvo un mayor número de organismos (1,639), a pesar de que sólo presenta un cuerpo de agua (laguna de Tamiahua), pero puede ser que sea la zona donde haya más concentración de alimento.

El área de estudio, donde se observaron las toninas fue menor de 7,430.42 km<sup>2</sup>, con una abundancia de 2,632 organismos (CV= 10.37%), comparando está área con el trabajo que se realizó en la plataforma continental de los Estados del Golfo de México desde la frontera mexicana hasta la zona comprendida entre Key West y la Florida fue de 245,800 km<sup>2</sup> con una abundancia de 25,320 (CV= 0.26%) (Fulling *et al.*, 2003). Así mismo en la Bahía de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México se tuvo un área de 150, 000 km<sup>2</sup>, con una abundancia de (2,897 ± 603.17) de acuerdo con el cuantificación de Lincolh (Patiño *et al.*, 2008). Es importante mencionar que estas áreas son más grandes que el trabajo realizado. Pero a pasar de ser un área pequeña se

tiene una abundancia de toninas casi igual que el trabajo de Patiño *et al.* (2008). Porque se observó que las toninas se concentran más donde hay importantes cuerpos de agua.

## 7. CONCLUSIONES Y APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO

- ❖ Se logró completar un catálogo con 532 toninas foto-identificadas, de las 950 registradas. La zona Tuxpan fue donde se foto-identificaron más toninas con 265 y la zona de Nautla fue la más baja con 80 toninas. De los años muestreados, el año 2006 resultó con mayor número de organismos foto-identificados con 169 toninas.
  - ❖ El presente trabajo, confirma la importancia de la foto-identificación como una técnica de individualización eficiente para el estudio de las toninas.
- ❖ La población de toninas de la zona costera de Tuxpan mostró un área de distribución más grande que el de las otras poblaciones. En todos los años, se observó un intercambio de los organismos en toda el área de estudio. El intercambio de organismos se concretó a unos cuantos individuos, sin embargo, las poblaciones permanecieron en sus respectivas zonas. En la mayoría de los casos, los delfines se mantuvieron cerca de las desembocaduras de los cuerpos de agua durante todos los años estudiados. La distribución de las toninas se dio en grupos de 2-10 organismos.

- ❖ De acuerdo a los resultados obtenidos, la aplicación práctica de este trabajo incide de múltiples maneras. La tonina es una especie que se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2001 clasificada como especie sujeta a protección especial (Pr). Por tal motivo, analizar la distribución y abundancia de una especie sirve para determinar su tamaño poblacional, su ubicación geográfica, y su hábitat.
  
- ❖ Los censos poblacionales de una determinada área de estudio son necesarios debido a que permiten identificar el estado de la población de toninas en la zona de estudio, es decir, si están en peligro de extinción o son ecológicamente estables. Es importante señalar que aunque no existían estudios previos sobre la situación poblacional de toninas en el estado de Veracruz, se les catalogó como una especie sujeta a protección especial.
  
- ❖ La abundancia relativa para toda el área de estudio fue de 3.56 organismos/hora. La zona Tuxpan tuvo la abundancia relativa más alta con 4.29 organismos/hora, en comparación con las otras zonas estudiadas.
  
- ❖ Por años, el 2006 presentó la abundancia relativa más alta con 4.31 organismos/hora, y la temporada de nortes presentó 2.17 organismos/hora, siendo la temporada más alta.

❖ Se estimó que la abundancia absoluta de toninas en el área de estudio es de 2,632 organismos (CV =10.37%). Mientras que por zonas, Tamiahua presentó la mayor abundancia con 1,639 (CV =26.99%) organismos.

❖ Los resultados obtenidos, permiten plantear un plan de manejo para la conservación de esta especie. Debido a que el SANV, fue declarado un área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna. El SANV está integrado por dos polígonos:

1.- Polígono Lobos: que incluye tres formaciones arrecifales denominadas: Lobos, Medio y Blanquilla, con una superficie total de 12,586 hectáreas, localizadas a una distancia de 1.89 millas náuticas del municipio de Tuxpan.

2.- Polígono Tuxpan, que incluye tres formaciones arrecifales conocidas como: Tuxpan, En medio y Tanhuijo, con una superficie de 17,984 hectáreas, localizadas a una distancia de 2.92 millas náuticas de dicha entidad federativa.

- ❖ Con un plan de manejo para la conservación de la tonina se puede ayudar a regular las construcciones de industrias, como las termoeléctricas, ya que es un factor determinante en la estabilidad social de esta especie.
  
- ❖ De la misma manera, las toninas también son afectadas seriamente por barcos camaroneros, debido a que capturan su alimento y deterioran el hábitat al utilizar redes de arrastre, inclusive ocasionando la muerte de algunas toninas, al quedar atrapadas en las mismas trampas. Por lo anterior, una vez que se establezcan las bases para el desarrollo de un plan de manejo y conservación de esta especie en el SANV, el siguiente paso es concretarlo para asegurar la estabilidad de la especie.

## 8. SUGERENCIAS

- ❖ Continuar con el catálogo de foto-identificación para entender cómo se desplazan los delfines dentro del área de estudio e intentar individualizar a toda la población de toninas.
- ❖ Solicitar apoyo para realizar recorridos aéreos, para cubrir al máximo el área de estudio.
- ❖ Efectuar estudios sobre diversidad, distribución y, abundancia en aguas profundas para conocer con que mamíferos marinos habita esta zona.
- ❖ Realizar un estudio genético sobre esta especie que habita la zona costera norte del estado de Veracruz, para definir si las zonas donde habita esta especie son diferentes.
- ❖ Realizar una propuesta de conservación para el hábitat de esta especie con la información colectada por el laboratorio de mamíferos marinos.

## 9. BIBLIOGRAFIA

Alanís, M. J. L. y Raya, C. B. E. 2010. Cartografía. Laboratorio de Geomática Tropical. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz.

Alvarez, F. C. M. 1987. Fotoidentificación del Rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Nay. (Cetácea: *Balaenopteridae*). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 107 pp.

Argüelles, J. J. 2008. Variación espacial de las asociaciones de peces del arrecife Tuxpan, Ver. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan, Veracruz. 108 pp.

Barham, E. G., Sweeney, J. C., Leatherwood, S., Reggs, R. K. y Barham, C. L. 1980. Aerial census of Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in a region of the Texas coast. Fish. Bull., 77:585-595.

Barco, S. G., Swingle, W. M., Mclellan, W. A., Harris, R. N. y Ann, P. D. 1999. Local abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the near shore waters of Virginia Beach, Virginia. Mar Mamm Sci 15:394-408.

Barros, N. B. y Wells, R. S. 1998. Prey and feeding patterns of resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *Journal of Mammalogy* 79:1045-1059.

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. National Marine Fisheries Service Scientific Publications Office, Seattle, WA, EE.UU.

Begon, M. 1989. *Ecología animal: modelos de cuantificación de poblaciones*. Editorial Trillas. México; 136 pp.

Berghan, J., Algie, K. D., Stockin, K. A., Wiseman, N., Constantine, R., Tezanos-Pinto, G. y Mourão, F. 2008. A preliminary Photo-identification study of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in Hauraki Gulf, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. Vol. 42:465-472.

Berta, A. y Sumich, J. L. 1999. *Marine Mammals*. Evolutionary Biology. Academic Press.

Bigg, M. A. 1982. An assessment of killer whale (*Orcinus orca*) stocks off Vancouver Island, British Columbia. *Rep. Int. Whal. Common*. 32:655-666.

Borbón, H. R. y Rincón, F. A. 2008. Foto-identificación de individuos de Ballenas Jorobadas mediante patrones de su aleta caudal. Universidad Antonio Narino-Universidad Nacional Bogotá, Colombia. 7 pp.

Borcard, D., Legendre, P. y Drapeau, P. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73:1045-1055.

Brandon, E. A. y Fargion, G. S. 1993. Mesoscale temperature features and marine mammals in the Gulf of Mexico, p. 31. *In* Abstracts of the Tenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Galveston, Texas. 130 p.

Buckland, S. T., Anderson, D., Burnham, K., Laake, J., Borchers, D. y Thomas, L. 2001. Introduction to distance and sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press. Oxford, UK.

Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P. y Laake, J. L. 1993. Distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London, U.K.

Buckland, S. T. y York, A. E. 2002. Abundance estimation. Páginas 1-6. En: W. F. Perrin, B. Würsig y J. G. M. Thewissen (eds.) *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press. San Diego, CA, EE.UU.

Caldwell, D. K. y Golley, F. B. 1965. Marine Mammals from the coast of Georgia to Cape Hatteras. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*. 81(1): 24-32.

Carson, R. L. 1980. *El mar que nos rodea*. Ediciones Grijalbo, S.A. Barcelona España, 278 pp.

Carwardine, M., y Hoyt, E. 1999. *Ballenas, delfines y marsopas*. Edición Omega, S. A., Barcelona España, 289 p.

Casinos, A. 1982. Los cetáceos del Mediterráneo. *Mundo Científico* 2: 714-724.

Castelo, H. P. y Pinedo, M. C. 1979. Southern right whales (*Eubalaena australis*) along the southern Brazilian coast. *J. Mammal.* 60: 429-430.

CBMWC (Cargigan Bay Marine Wildlife Centre). 2005. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) Photo-identification catalogue.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Servicio Meteorológico Nacional. Tuxpan, Veracruz.

Connor, R. C. 2001. Bottlenose dolphins: Social relationships in a big-brained aquatic mammal. Págs. 408-432 en L.A. Dugatkin (ed.) *Model systems in behavioral ecology. Integrating conceptual, theoretical and empirical approaches*. Princeton University Press, Princeton.

Vázquez-Castán, L. 2010. *Distribución de Toninas y su Abundancia*.

Connor, R. C., Wells, R. S., Mann, J. y Read, A. J. 2000. The bottlenose dolphin. Social relationships in a Fission-Fusion society. Págs. 91-126 en J. Mann, R. C. Connor, P. L. Tyack y H. Whitehead (eds) *Cetacean Societies. Field Studies of dolphin and whales*. The University of Chicago Press, U. S. A.

Christal, J., Whitehead, H., y Lettevall, E. 1998. Sperm whale social units: Variation and change. *Canadian Journal of Zoology*, 76, 1431-1440.

Darling, J. 1977. The Vancouver Island gray whales. *Waters*, 2(1): 4-19.

Darling, J. y Morowitz, H. 1986. Census oh "Hawaiian" humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification, *Can. J. Zool.* 64:105-11.

Davis, R. W., Fargion, G. S., May, N., Leming, T. D., Baumgartner, M., Evans, W. E., Hansen, L. J. y Mullin, K. 1998. Physical habitat of cetaceans along the continental slope in the north-central and western Gulf of Mexico. *Marine Mammal Science* 14:490-507. Society for Marine Mammalogy, Lawrence, KS, EE.UU.

Davis, R. W., Ortega-Ortiz, J. G., Ribic, C. A., Evans, W. E., Biggs, D. C., Ressler, P. H., Cady, R. B., Leben, R. R., Mullin, K. D. y Würsig, B. 2002. Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 49:121-142. Elsevier Science, Oxford.

Davis, R. W., Evans, W. R. y Würsig, B. 2000. Cetaceans, sea turtles and seabirds in the Northern Gulf of Mexico: Distribution, abundance and habitat associations. Volume I. Executive summary. Prepared by Texas A&M University at Galveston and the National Marine Fisheries Service. U.S. Department of the Interior, Geological Survey, Biological Resources Division, USGS/BRD/CR-1999-0006 AND Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. OCS Study MMS 2000-002 27 pp.

Delgado-Estrella, A. 1991. Algunos aspectos de la ecología de poblaciones de las toninas (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) en la Laguna de Términos y Sonda de Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Escuela nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 149 p.

Delgado-Estrella, A. 1994. Presencia del delfín de dientes rugosos o esteno (*Steno bredanensis*) en la costa de Tabasco, México. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 65:303-305. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Delgado-Estrella, A. 1996. Ecología poblacional de las toninas *Tursiops truncatus*, en la Laguna de Yalahau, Quintana Roo, México. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 93 p.

Delgado-Estrella, A. 2002. Comparación de parámetros poblacionales de las toninas, *Tursiops truncatus*, en la región sureste del Golfo de México (Estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo). Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 160 pp.

Defran, R. H., Schultz, G. M. y Weller, D. W. 1990. A technique for the photo-identification and cataloging of dorsal fins of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). Págs. 53-55 en P. Hammond, Mizroch S.A. y Donovan G.P. eds. Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. Report of the International Whaling Commission (Special issue 12). Cambridge.

Dos Santos, M. E. y Lacerda, M. 1987. Preliminary observations of the bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* in the Sado estuary (Portugal). Aquatic Mammals. 13(2): 65-80 p.

Dunbrack, R. L. y Ramsay, M. A. 1993. Thermal biogeography: the complementary distribution of marine mammals and large fishes. p. 44. In Abstracts of the Tenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Galveston, Texas. 130 p.

Ellis, R. 1989. Dolphins and Porpoises. Alfred A. Knopf. New York, U. S. A. 270 pp.

Evans, P. G. H. 1987. The Natural history of whales and dolphins. Facts on File, Ed. G.B. 343 pp.

Félix, F. 2004. La investigación de mamíferos marinos en la costa de Ecuador y perspectivas. Fundación Ecuatoriana para el Estudio de mamíferos marinos (FEMM). Guayaquil, Ecuador. 17 pp.

Fulling, G. L., Mullin, K. D. y Hubard, C. W. 2003. Abundance and distribution of cetaceans in outer continental shelf waters of the U.S. Gulf of Mexico. Fishery Bulletin 101:923-932. National Marine Fisheries Service Scientific Publications Office, Seattle, WA, EE.UU.

Galindo, J. A., Serrano-Solís, A., Vázquez-Castán, L., González-Gándara, C. y López-Ortega, M. 2009. Cetacean Diversity, Distribution, and Abundance in Northern Veracruz, Mexico. Revista Aquatic Mammals 35(1): 12-18.

Gendron, D. y Sears R. 1993. Blue whales and *Nyctiphanes simplex* surface swarms: a close relationship in the southwest Gulf of California, México. p. 52. *In* Abstracts of the Tenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Galveston, Texas. 130 p.

González-Gándara, C. 2003. Ictiofauna de los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología, 74(2): 163:177.

Vázquez-Castán, L. 2010. Distribución de Toninas y su Abundancia.

González-Gándara, C., Trinidad-Martínez, S. y Chávez-Morales, V. 2006. Peces ligados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia. *Rev. Biol. Trop, Mar.* 54: 189-194.

Gubbins, C. M. 2002a. Association patterns of resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) en a South Carolina Estuary. *Aquatic Mammals* 28:24-31.

Gubbins, C. M. 2002b. Use of home ranges by resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncates*) in a South Carolina Estuary. *Journal of Mammalogy* 83:25-34.

Gruber, J. A. 1981. Ecology of the Atlantic Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the pass caballo area of Matagorda Bay, Texas. M. Sc. Thesis. Texas A&M University. U. S. A.

Hammond, S. P. 1986. Estimating the size of naturally marked whale populations using capture-recapture techniques. *Rep. Int. Whal. Commn.* (Special issue 8): 253-282.

Hammond, S. P., Mizroch, S. A. y Donovan, G. P. 1990. Individual recognition of cetaceans: use of photo-identification and other technique to estimate population parameters. *Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 12.* International Whaling Commission, Cambridge, Gran Bretaña.

Heckel, G. 1992. Foto-identificación de tursiones *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) en la Boca de Corazones de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México (Cetácea: *Delphinidae*). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 164 pp.

Hersh, S. L. y Duffield, D. A. 1990. Distinction between northwest Atlantic offshore and coastal bottlenose dolphins based on hemoglobin profile and morphometry. Páginas 129-139. En: S. Leatherwood y R. R. Reeves (eds.). The bottlenose dolphin. Academic Press, San Diego, CA, EE.UU.

Hoelzel, A. R., Potter, C. W. y Best, P. B. 1998. Genetic differentiation between parapatric 'nearshore' and 'offshore' populations of the *bottlenose dolphin*. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences 265:1177-1183. Printed for the Royal Society and sold by Harrison y Sons, London, Gran Bretaña.

Holmgren, U. D. T. 1988. Registros de *Tursiops truncatus* (Cetácea: *Delphinidae*) en las bocas de la Laguna de Términos, Campeche, durante las estaciones de invierno y primavera de 1988. Informe de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 60 pp.

Hui, C. A. 1985. Undersea topography and the comparative distribution of two pelagic cetaceans. Fish. Bull. 83: 472-475.

Irvine, A. B., Scott, M. D., Wells, R. S. y Kaufmann, J. H. 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fishery Bulletin* 79: 671-688.

Irvine, B., Wells, R. S. 1972. Results of attempts to tag Atlantic bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* *Cetology*. 13: 1-5.

Jaquet, N. y Whitehead, H. 1966. Scale-dependent correlation of sperm whale distribution with environmental features and productivity in the south pacific. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 135:1-9.

Jefferson, T. A. 1995. Distribution, abundance, and some aspects of the biology of cetaceans in the Offshore Gulf of Mexico. Ph. D dissertation, Texas A&M University, College Station, TX. 232 p.

Jefferson, T. A. y Lynn, S. K. 1994. Marine mammal sightings in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico, summer 1991. *Caribbean Journal of Science* 30(1-2): 83-89.

Jefferson, T. A. y Schiro, A. J. 1997. Distribution of cetaceans in the offshore Gulf of Mexico. *Mammal Review* 27:27-50. Published for the Mammal Society by Blackwell Scientific Publications, Oxford, Gran Bretaña.

Katona, S. K., y Krauss, S. 1979. Photographic identification of individual humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): Evaluation and analysis of the technique. U.S. Department of Commerce, NTIS Publication, Springfield, VA.

Kelly, D. 1983. Photo-identification of Bottlenose dolphins in Southern California. *Whalewatcher*. 17(2):6-8.

Kenney, R. D. 1990. Bottlenose dolphins off the Northeastern United States. Págs. 369-386. En: Leatherwood, S. y Reeves, R. R. (eds.) *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press Inc. San Diego, Cal. U.S.A. 653 pp.

Leatherwood, S. 1982. Size of bottlenose dolphin populations in the Indian River, Florida. *Rep. Int. Whal. Comm.* 32: 567-568.

Leatherwood, S., Gilbert, J. R. y Chapman, D. G. 1978. An evaluation of some techniques for aerial censuses of bottlenose dolphins. *J. Wildl. Manage.* 42(2): 239-250.

Leatherwood, S. y Reeves, R. R. 1983. *Whales y Dolphins*. Sierra Club, San Francisco. 302 pp.

Leatherwood, S. y Reeves, R. R. 1990. *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego, California, 653 pp.

Lettevall, E., Richter, C., Jaquet, N., Slooten, E., Dawson, S., Whitehead, H., Christal, J., y Howard, P. M. 2002. Social structure and residency in aggregations of male sperm whales. *Canadian Journal of Zoology*, 80, 1189-1196.

Lien, J. y Katona, S. 1990. A guide to the Photographic identification of individual whales based on their natural and acquired markings. The American Cetology Society, San Pedro, California, USA.

López-Hernández, I. 1997. Ecología poblacional de las toninas *Tursiops truncatus* en la costa de Tabasco, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 77 pp.

Lusseau, D. 2005. The residency pattern of bottlenose dolphins (*Tursiops spp.*) in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Marine Ecology Progress Series* 295: 265–272.

Mareike, S. 2003. The social affiliation and group composition of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the outer southern Moray Firth, NE Scotland. Tesis de Maestría. School of Biological Sciences, University of Wales, Bangor, U.K. 69 pp + Appendices.

Martin, A. R., Katona, S. K., Matilla, D., Hembree, D. y Waters, T. D. 1984. Migration of humpback whales between the Caribbean and Iceland. *J. Mammal.* 65: 330-333.

Matthews, J. N., Steiner, L., y Gordon, J. 2001. Markrecapture analysis of sperm whale (*Physeter macrocephalus*) photo-id data from the Azores (1987-1995). *Journal of Cetacean Research and Management*, 3(3): 219-226.

Mazzoil, M., McCulloch, S. D., Defran, R. H. y Murdoch, E. 2004. The use of digital photography and analysis for dorsal fin photo-identification of *bottlenose dolphins*. *Aquatic Mammals* 30(2): 209-219.

McCabe, E. J. B., Gannon, D. P., Barros, N. B. y Wells, R. S. 2010. Prey selection by resident common Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *Mar Biol* (2010) 157: 931-942.

Mead, J. G. y Potter, C. W. 1995. Recognizing two populations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) off the Atlantic coast of North America: morphologic and ecologic considerations. *IBI Reports* 5:31-39. International Marine Biology Research Institute, Kamogawa, Japón.

Merino, M. 1997. Upwelling on the Yucatan shelf: hydrographic evidence. *Journal of Marine Systems* 13:101-121. Elsevier, Amsterdam, Holanda.

Merriman, M. G. 2007. The occurrence and behavioural ecology of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Marlborough Sounds, New Zealand. Unpublished MSc thesis, Massey University, Auckland, New Zealand.

Mignucci-Giannoni, A. A. 1998. Zoogeography of Cetaceans off Puerto Rico and the Virgin Islands. *Carib. J. Sci.* 34:173-190.

Monreal-Gómez, M. D., Salas de León, D. A. y Velasco-Mendoza, H. 2004. La hidrodinámica del Golfo de México. 47-68. En; Caso, M., I. Pisanti y E. Ezcurra (comp.) *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Volumen I. Instituto Nacional de Ecología, México.

Nishiwaki, M. 1972. General Biology. pp. 3 –204. En: Rigdway, S. H. (ed.). *Mammals of the Sea, Biology and Medicine*. Charles C. Thomas, Publisher. Springfield, Illinois, U. S. A. 812 pp.

Odell, D. K. 1975. Status and aspects of the life history of the Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in Florida. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 32:1055-1063.

Ortega-Argueta, A., Pérez-Sánchez, C. E., Gordillo-Morales, G., Gordillo, O., Pérez, D. y Alafita, H. 2005. Cetacean strandings no the southwestern coast of the Gulf of Mexico. *Gulf of Mexico Science* 23(2):179-185.

Ortega-Ortiz, J. G. 2000. Muestreo de mamíferos marinos: Estimación de abundancia de delfines mediante fotoidentificación. Páginas 337-351. En: A. Granados Barba, V. Solís Weiss y R. G. Bernal Ramírez (eds.) *Métodos de Muestreo en la Investigación Oceanográfica*. Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Vázquez-Castán, L. 2010. *Distribución de Toninas y su Abundancia*.

Ortega-Ortiz, J. G., Delgado-Estrella, A. y Ortega-Argueta, A. 2004. Mamíferos marinos de Golfo de México: Estado actual del conocimiento y recomendaciones para su conservación. *En*: Diagnostico ambiental del Golfo de México. (ed.) Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, DF. Pp. 135-160.

Ortega-Ortiz, J. G. 2002. Multiscale analysis of cetacean distribution in the Gulf of Mexico. Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station, TX. 170 pp.

Payne, P. M., Nicolas, J. R., O'Brien, L. y Powers, K. D. 1986. The distribution of the humpback whale, *Megaptera novaengliae*, on Georges Bank and in the Gulf of Maine in relation to densities of the sand eel, *Ammodytes americanus*. *Fish. Bull.* 84: 271-277.

Patiño, V. J. L., Vargas, M. A. G. y Díaz, A. 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*, núm. 19, pp. 15-21.

Perrin, W. F. 1975a. Variation of spotted and spinner porpoise (*Genus stenella*) in the ETP and Hawaii. *Bull. Scripps. Inst. Oceanogr. Univ. Calif.* 21: 1-206. (q).

Perrin, W. F. 1975b. Distribution and differentiation of populations of dolphins of the Genus *stenella* in the Eastern Tropical Pacific. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 1059-1067. (r).

Pollock, K.H., J.D. Nichols, C. Brownie, and J.E. Hines. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildl. Monogr.* 107:1-97.

Ramírez, T., Morteo, E., y Portilla-Ochoa, E. 2005. Basic Aspecto on the Biology of the Bottlenose Dolphin, *Tursiops truncatus*, in the Coast of Nautla, Veracruz, Mexico. 16<sup>th</sup> Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, San Diego, CA, December 12-16., p 230.

Ramos-Fernández, G., Boyer, D. y Gómez, V. P. 2006. A complex social structure with fission–fusion properties can emerge from a simple foraging model. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60(4): 536-549.

Randall, W. D. 1998. Physical habitat of cetaceans along the continental slope in the north – central and western Gulf of Mexico. Published for the Marine Mammals Science, 14(3):490-507.

Reilly, S. B. y Fiedler, P. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. I: Research vessel surveys, 1986-1990. *Fish. Bull.* 92:434-450.

Reynolds, J. E., Wells, R. S. y Eide, S. D. 2000. *The Bottlenose Dolphin: Biology and Conservation*. University Press of Florida. 304 p.

Rosenweig, M. 1981. A theory of hábitat selection. *Ecology*, 62, 327-335.

Vázquez-Castán, L. 2010. *Distribución de Toninas y su Abundancia*.

Ross, G. J., Cockroft, V. G., Melton, D. A. y Butterworths, D. S. 1989. Population estimates for bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in Natal and Transkei waters. *Afr. J. Mar. Sci.*, 8:119-29.

Schramm, Y. 1993. Distribución, movimientos, abundancia e identificación del delfín *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) en el Sur de la Laguna de Tamiahua, Ver., y aguas adyacentes (Cetácea: *Delphinidae*) Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara., Méx., 164.

Scott, M. D., Wells, R. S. e Irvine, A. B. 1990. A long-term study of Bottlenose dolphins on the west coast of Florida. Págs. 235-244. En: Leatherwood, S. y Reeves, R. R. (eds). *The Bottlenose dolphin*. Academic Press Inc., San Diego, Cal. U.S.A. 653 pp.

Sears, R. 1987. The photographic identification of individual blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the sea of Cortez. *Cetus* 7:14-17.

Seber, G. A. F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. 2a. Ed. Charles Griffin and Company LTD. 654 p.

SEMAR (Secretaría de Marina). 2001. [Actualizado al 9 de Junio]. Página electrónica ([www.semar.gob.mx](http://www.semar.gob.mx)).

Serrano, A. 2002. Mamíferos Marinos en México guía de campo. Ed. ASBE, Xalapa, Veracruz. 53 pp.

Shane, S. H. 1980. Ocurrente, movements, and distribution of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in southern Texas. Fishery Bulletin 78: 593-601.

Shane, S. H., Wells, S. R. y Würsig, B. 1986. Ecology, behavior, and social organization of the bottlenose dolphin: A review. Marine mammal Science 2(1): 34-63.

Shane, S. H. 1990. Behaviour and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. Págs: 245 – 265 en S. Leatherwood y R. R. Reeves (eds.) The Bottlenose Dolphin. Academic Press, San Diego, CA.

Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1995. Biometry. Ed. Freeman and Company, New York. 887 pp.

Speakman, T., Zolman, E., Adams, J., Defran, R. H., Laska, D., Schwacke, L.; Craige, J. y Fair, P. 2006. Temporal and Spatial Aspects of Bottlenose Dolphin Occurrence in Coastal and Estuarine Waters near Charleston, South Carolina. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 37. 243 pp.

Thomas, L., Laake, J. L., Strindberg, S., Marques, F. F. C., Buckland, S. T., Borchers, D. L., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Hedley, S. L., Pollard, J. H., Bishop, J. R. B. y Marques, T. A. 2006. Distance 5.0. Release "2". Research

Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK.  
<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>

Torres, L. G., Rosel, P. E., D'Agrossa, C. y Read, A. J. 2003. Improving management of overlapping bottlenose dolphin ecotypes through spatial analysis and genetics. *Marine Mammal Science* 19:502-514. Society for Marine Mammalogy, Lawrence, KS, EE.UU.

Turner, E. R. 1977. Intertidal vegetation and commercial yields of peneids shrimp. *Transp. Of. Am. Fish Society*, 106(5):411-416 p.

Valdes-Arellanes, M. P., Serrano, A., Heckel, G., Schramm, Y. y Serrano, I. M. 2010. Abundancia de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en el norte de Veracruz, México. En revisión.

Watson, L. 1981. *Sea Guide to Whales of the Sea*. Hutchinson, London. 302 pp.

Weller, D. W. 1991. The social ecology of Pacific coast bottlenose dolphins. M.A. thesis. San Diego State University, San Diego, CA. 93 p.

Wells, R. S., Scott, M. D. y Irvine, A. B. 1987. The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. Págs: 247-305 en H. H. Genoways (ed.) *Current Mammalogy* 1. New York: Plenum.

Vázquez-Castán, L. 2010. *Distribución de Toninas y su Abundancia*.

Wells, R. y Scott, M. 1990. Estimating bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. Pág. 407-416 en P.S. Hammond, S.A. Mizroch y G. P. Donovan (eds) Reports of the International Whaling Commission, special issue 12. Cambridge, IWC.

Whitehead, H., Christal, J., y Dufault, S. 1997. Past and distant whaling and the rapid decline of sperm whales off the Galápagos Islands. *Conservation Biology*, 11:1387-1396.

Whitehead, H., Waters, S., y Lyrholm, T. 1991. Social organization of female sperm whales and their offspring: Constant companions and casual acquaintances. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29:385-389.

Whitehead, H. y Carscadden, J. E. 1985. Predicting inshore whale abundance: whales and capelin off the Newfoundland coast. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 976-981.

Whitehead, H. 1997. Analysing animal social structure. *Animal Behaviors*. 53: 1053-1067 p.

Whitehead, H. 2003. *Sperm whale societies: Social evolution in the ocean* (1st ed.). Chicago: The University of Chicago Press. 431 pp.

Wilson, B., Thompson, P. M. y Hammond, P. S. 1997. Habitat use by bottlenose dolphins: Seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *Journal of Applied Ecology* 34:1365-1374.

Würsig, B. 1978. Ocurrence and group organization of Atlantic bottlenose porpoises (*Tursiops truncatus*) in Argentine bay. *Biol. Bull. (Woods Hole)* 154 (2): 348-359 p.

Würsig, B. y Bastida, R. 1986. Long range movement and individual association of two dusky dolphins (*Lagenorhynchus obscurus*) off Argentina. *J. Mammal.* 67: 773-774.

Würsig, B. y Jefferson, T. A. 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. Págs: 43-52 en P. Hammond, Mizroch S.A. y Donovan G.P. eds. Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. Report of the International Whaling Commission (Special issue 12). Cambridge.

Würsig, B., Jefferson, T. A. y Schmidly, D. J. 2000. The Marine Mammals of the Gulf of Mexico (Ed.). Texas A and M Press, College Station. 232 pp.

## 10. ANEXOS

## 10.1. ANEXO I: ESCALAS DE BEAUFORT

La **Escala de Beaufort** es una medida empírica para la intensidad del viento, basada principalmente en el estado del mar, de sus olas y la fuerza del viento. Su nombre completo es **Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos**. Creada por Sir Francis Beaufort en 1805 (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Estado del Mar en la Escala de Beaufort.

Escala Beaufort		
Escala	Velocidad del viento en (Km/hr)	Efectos del viento en la mar
0	1	El mar tiene la apariencia de un espejo.
1	1-5	Se observan pequeñas olas con crestas.
2	6-11	Se observan pequeñas olas con crestas de apariencia cristalina que no se rompen.
3	12-19	El mar presenta olas largas con crestas que empiezan a romper, además de crestas de olas dispersas con espuma.
4	20-28	Las olas pequeñas empiezan a alargarse y se observan numerosas crestas de olas con espuma.
5	29-38	Se forman olas moderadas y alargadas. Se observan muchas crestas de olas con espuma y dispersión de gotas pequeñas de agua.
6	39-49	Comienzan a formarse olas grandes y crestas de olas con espuma por todas partes, además de que hay

		una mayor dispersión de gotas pequeñas de agua, resultando peligrosa la navegación para embarcaciones menores.
7	50-61	El mar se agita y se dispersa espuma blanca como resultado como efecto del viento y del rompimiento de olas, reduciéndose la velocidad.
8	62-74	Se observan olas moderadamente altas y de mayor longitud, cuyos bordes de sus crestas se rompen dentro de un remolino, además de que la espuma se mantiene en suspensión de acuerdo a la dirección del viento.
9	75-88	La mar empieza a rugir y se observan olas altas con espesas estelas de espuma, dificultándose la visibilidad por la dispersión de gotas pequeñas de agua.
10	89-102	La mar ruge y toma apariencia blanca debido a la espuma que es arrastrada en gran proporción, formándose olas muy altas con crestas sobre puestas en forma de penacho, mientras que al enrollarse provocan visibilidad reducida.
11	103-117	Se forman olas excepcionalmente altas, provocando en la mar una apariencia blanca que reduce la visibilidad y haciéndose peligrosa la navegación de tal manera que los buques de mediano tonelaje se pierden de vista.
12	>118	El aire se mezcla con la espuma y el mar está completamente blanco con dispersión y suspensión de pequeñas gotas de agua, por lo que la visibilidad es casi nula y se imposibilita toda la navegación.
<b>Tomado de la Secretaría de Marina, 2001.</b>		

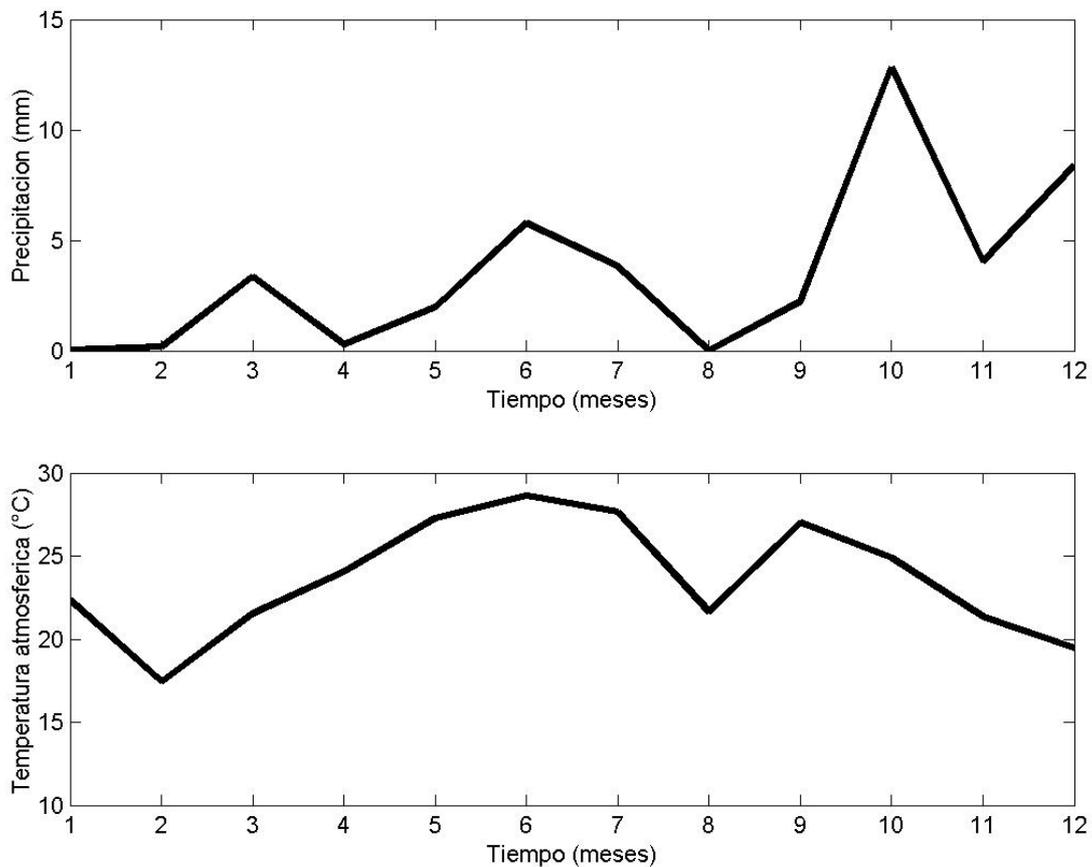


### 10.3. ANEXO III. CLASIFICACIÓN DE TEMPORADAS

#### RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE TEMPORADAS DE CUATRO AÑOS DE ESTUDIO.

#### Datos de Precipitación y Temperatura Atmosférica

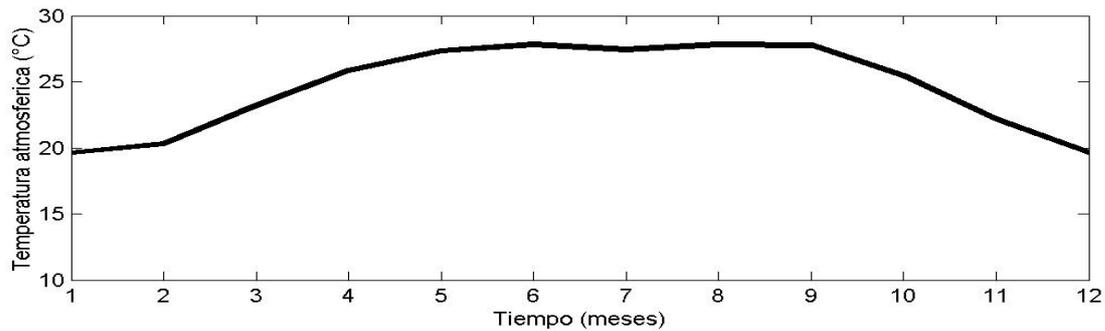
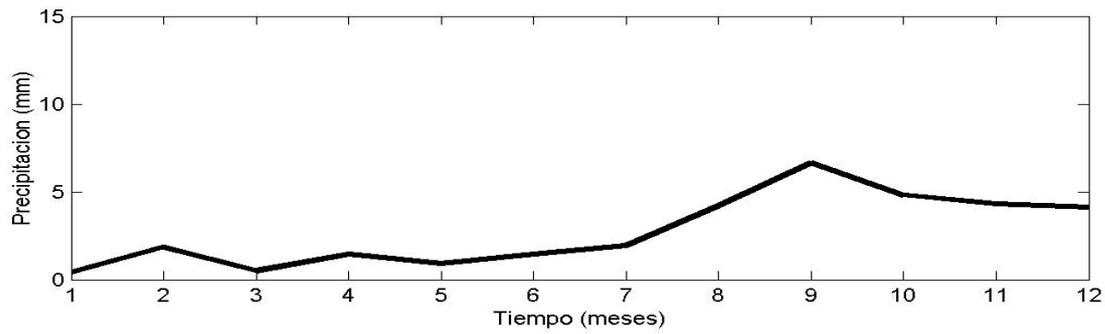
(2005)



En el año 2005 los máximos de precipitación se establecieron entre los meses de Septiembre a Noviembre, con el máximo en Octubre.

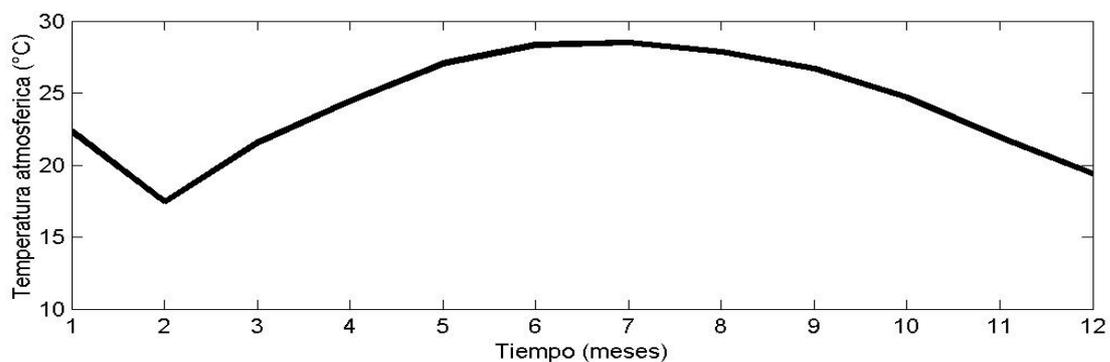
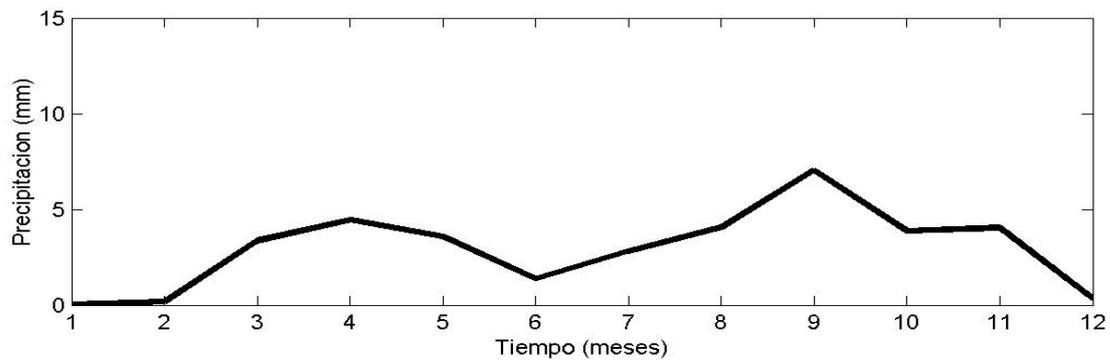
(2006)

Vázquez-Castán, L. 2010. Distribución de Toninas y su Abundancia.



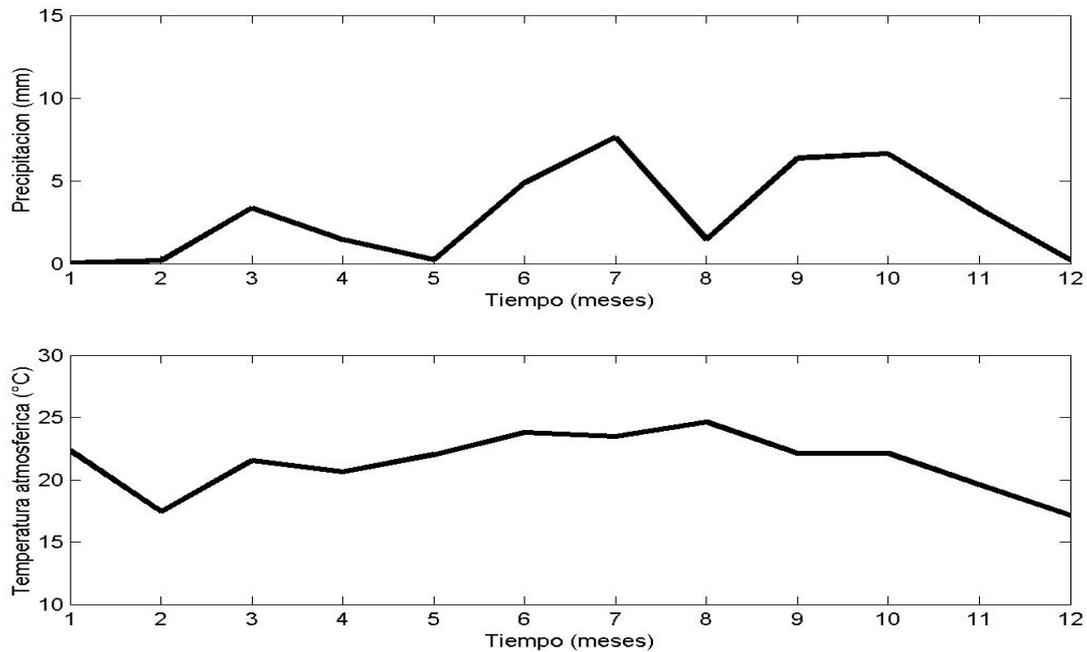
Para este año las máximas precipitaciones ocurrieron de Agosto a Octubre, con un máximo en Septiembre.

### (2007)



Para el año 2007, el comportamiento de las lluvias es similar al del año 2006.

(2008)



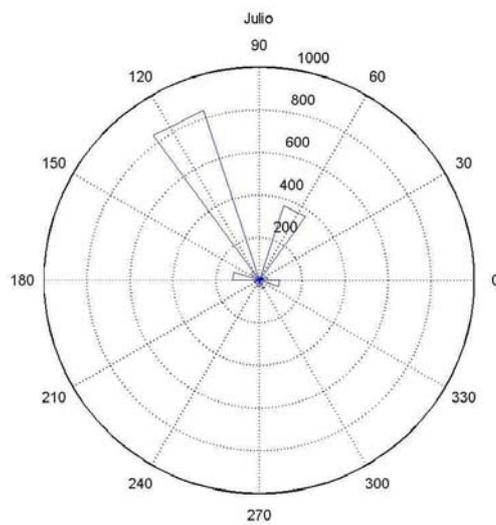
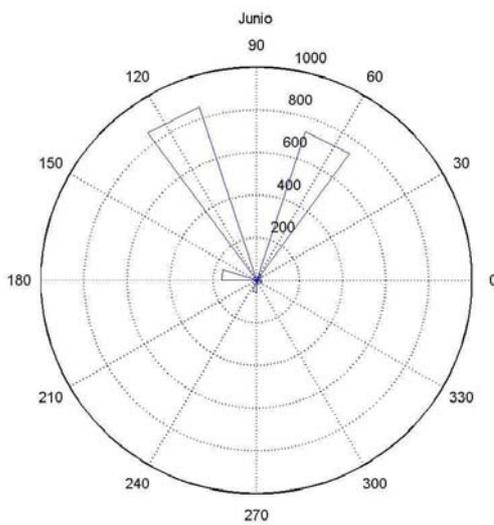
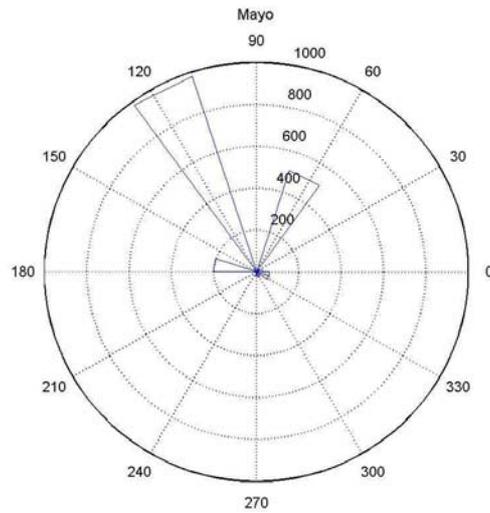
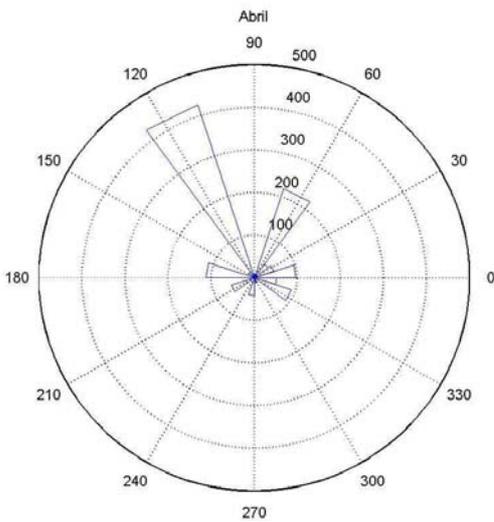
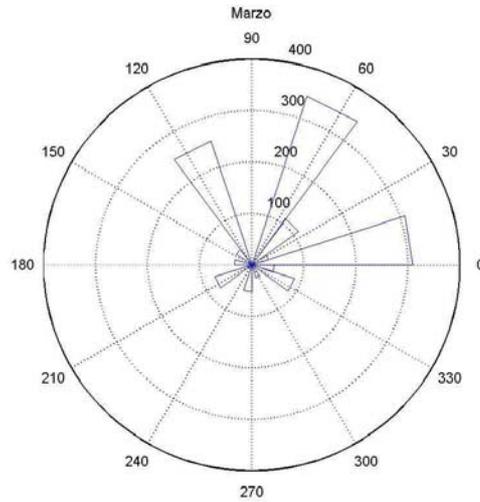
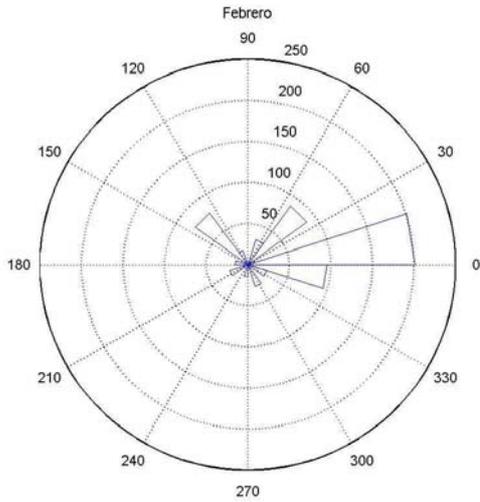
Finalmente el año 2008, es un año atípico, pues se tienen dos temporadas de lluvias máximas, la primera se extendió de Mayo a Agosto, con un máximo en Julio, y el otro caso el máximo de lluvias ocurrió de Septiembre a Octubre.

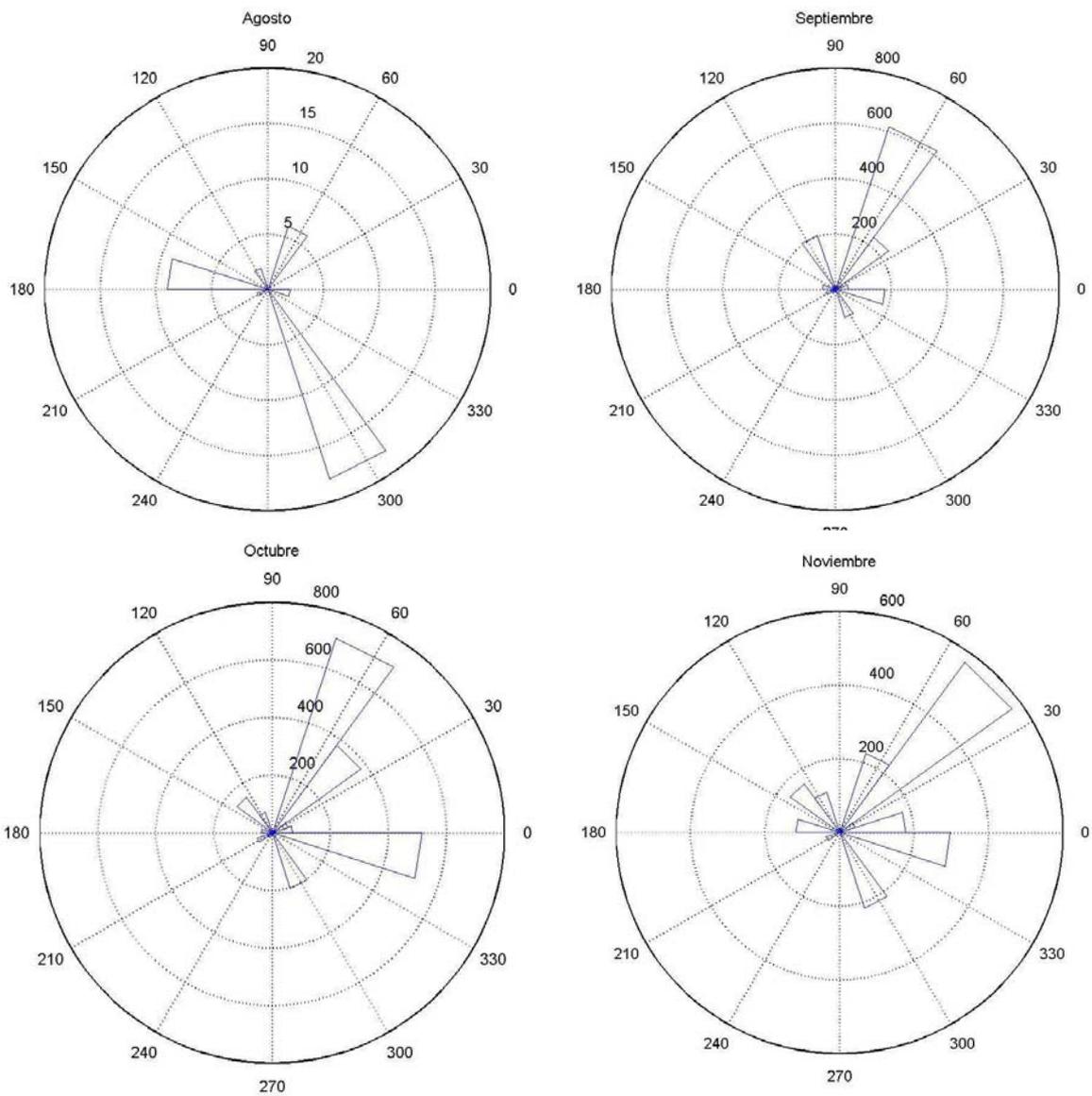
En lo que se refiere a la temperatura de la atmosfera, es muy similar el comportamiento en todos los gráficos, los meses más calurosos son de Mayo a Octubre y los más fríos en los otros meses mencionados.

En conclusión de estos gráficos, la temporada de lluvias para la Tuxpan es de Mayo a Noviembre para el periodo de cuatro años de estudio.

# Diagramas de Rosas de Viento

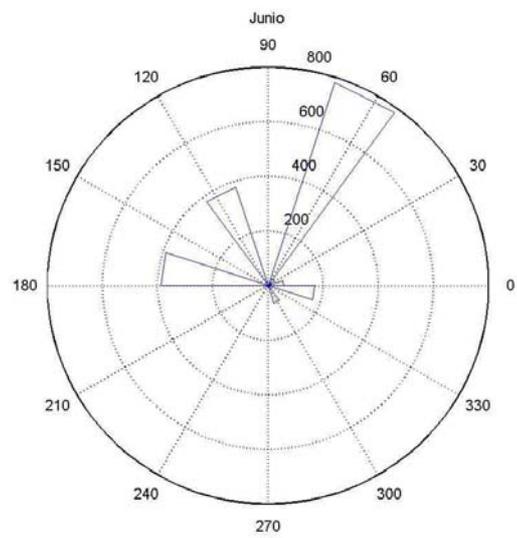
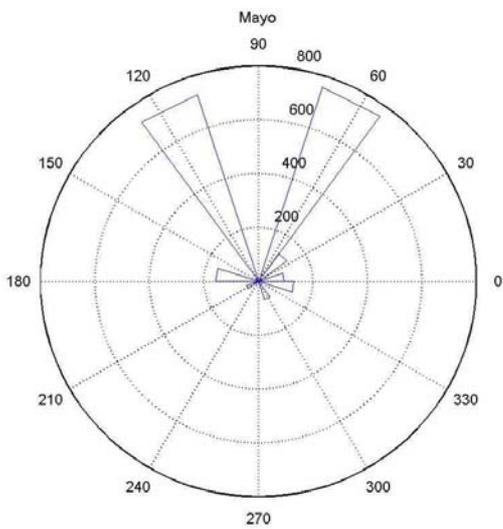
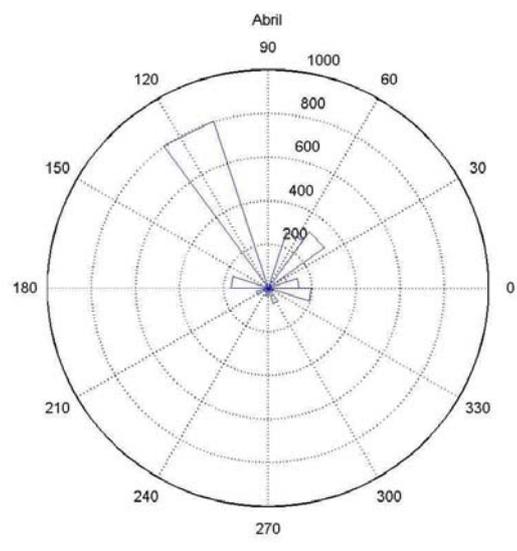
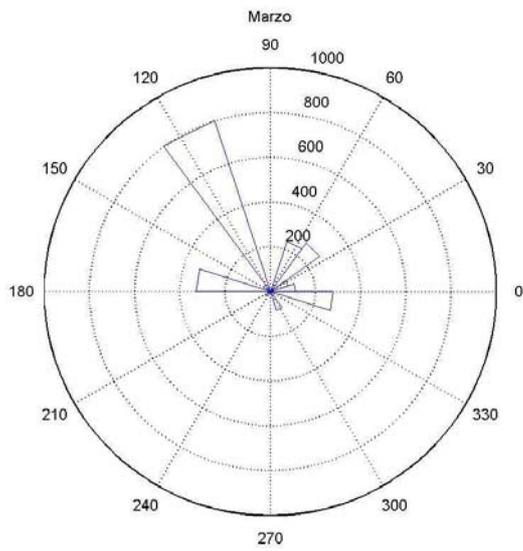
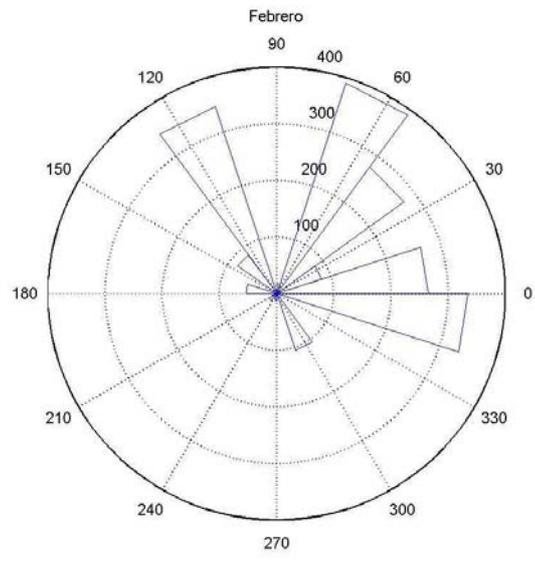
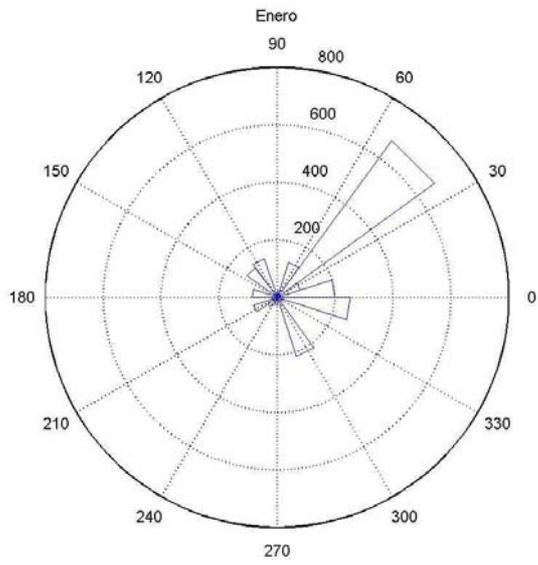
(2005)

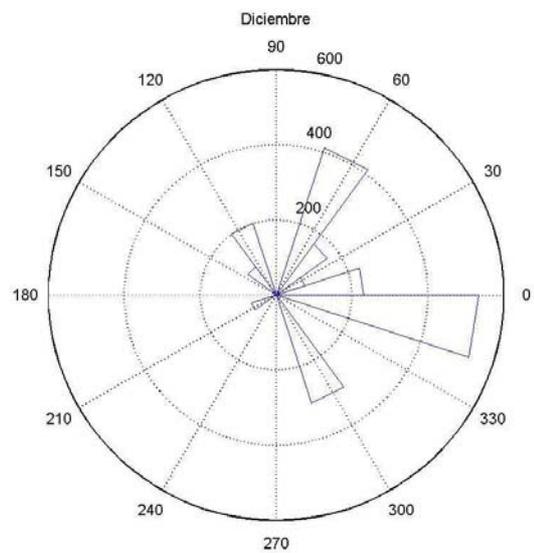
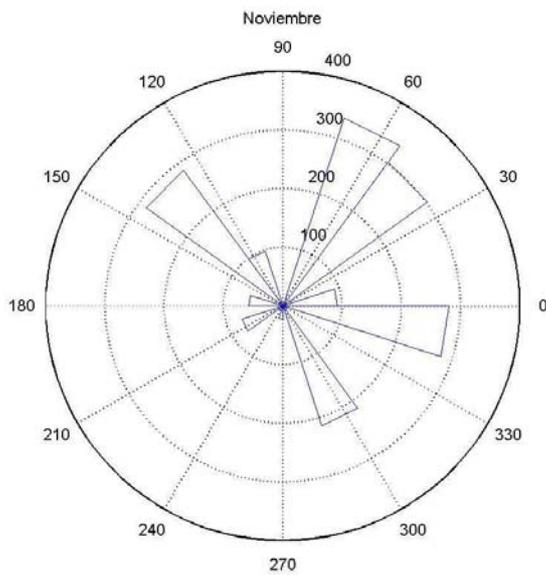
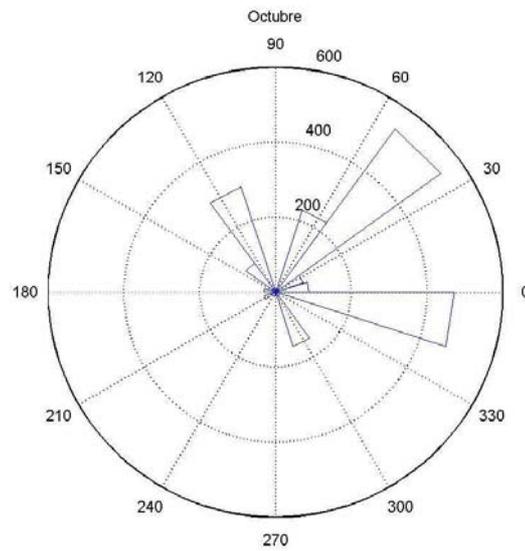
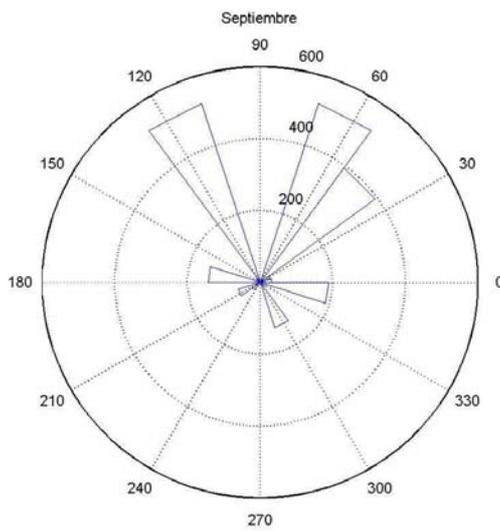
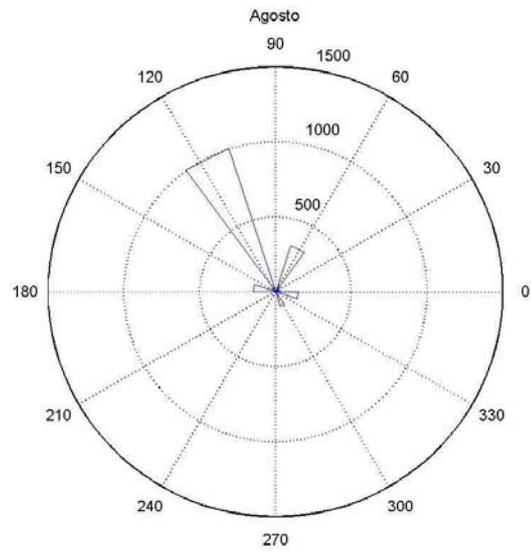
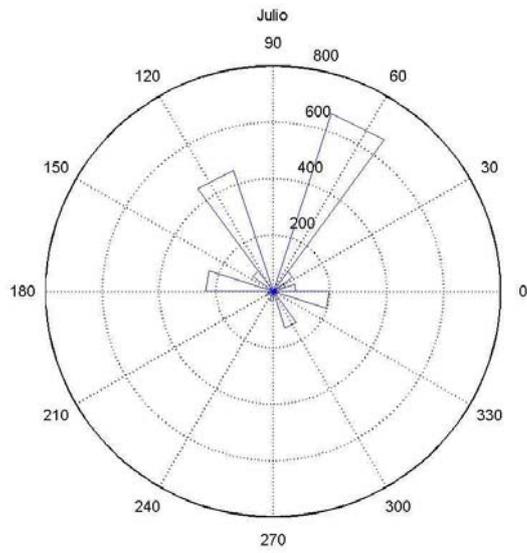




De acuerdo a los resultados que se presentan, se observa que la temporada de Nortes para ese año inicio desde Octubre y finalizo en Marzo.

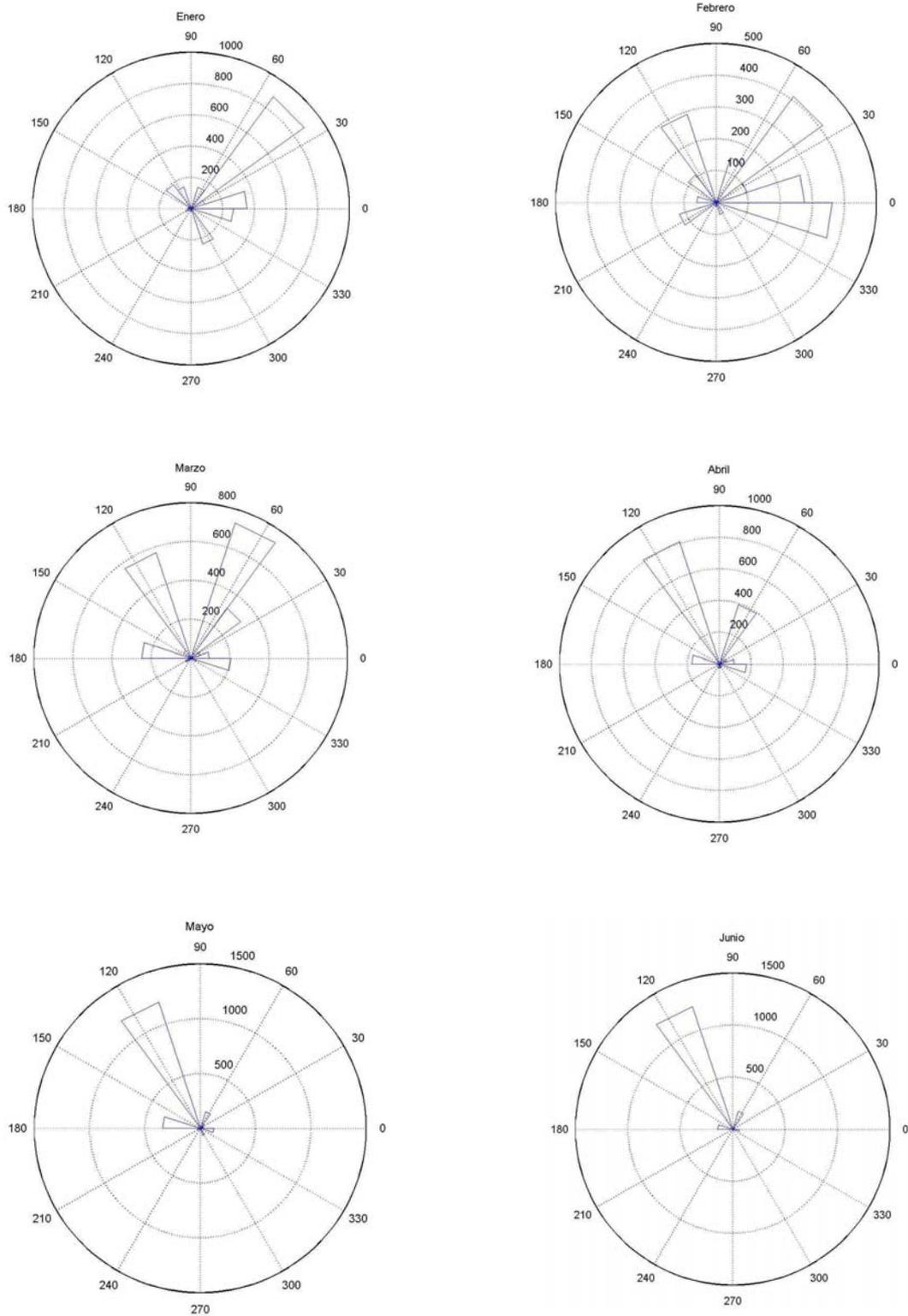
(2006)

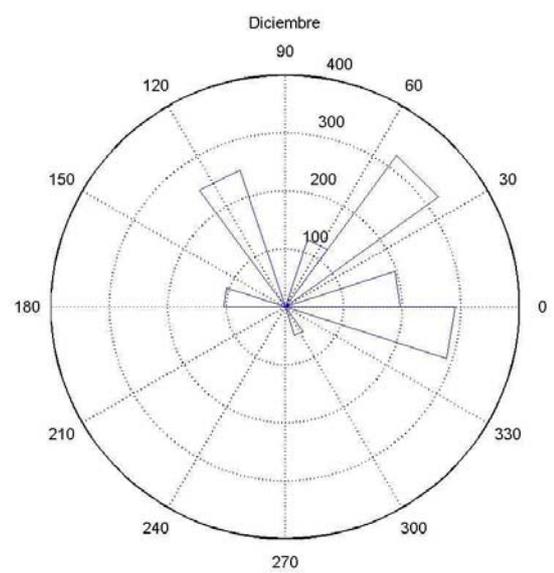
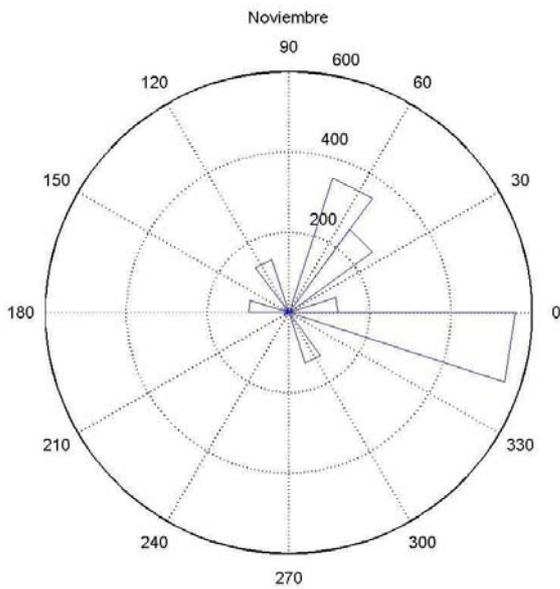
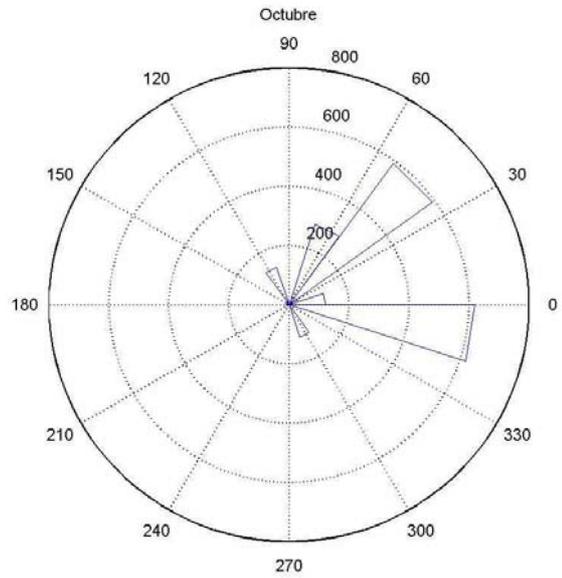
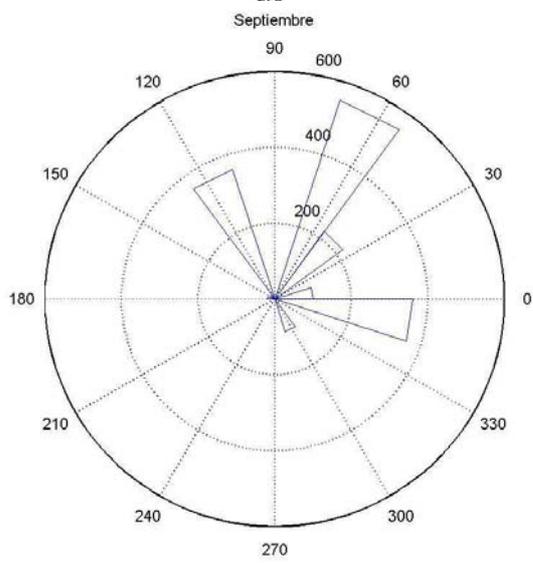
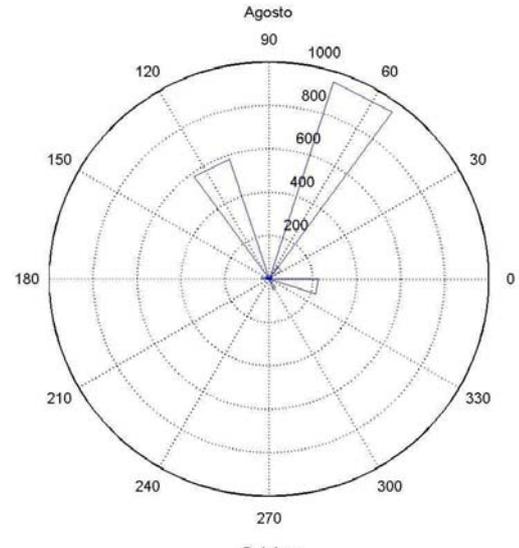
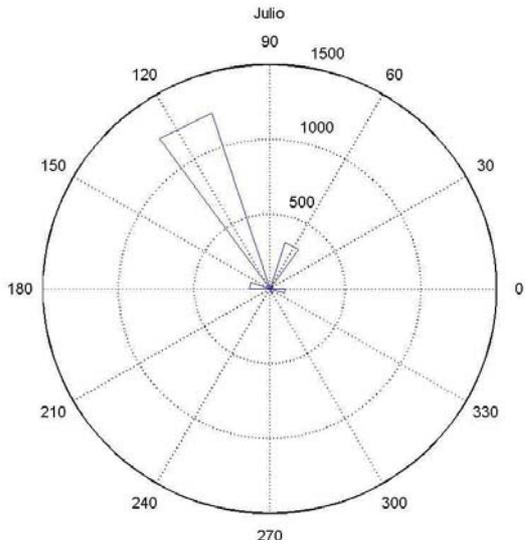




Para el año 2006, los diagramas de rosas de viento, indican que todo ese año hubo nortes, aclarando que de Marzo a Septiembre la frecuencia de ocurrencia de los Nortes, fue menor, como se puede observar en las figuras, y de Octubre a Febrero, ocurrieron los Nortes con mayor frecuencia. Por lo tanto, se puede concluir que el año 2006, fue un año atípico en cuanto a la generación de los Nortes.

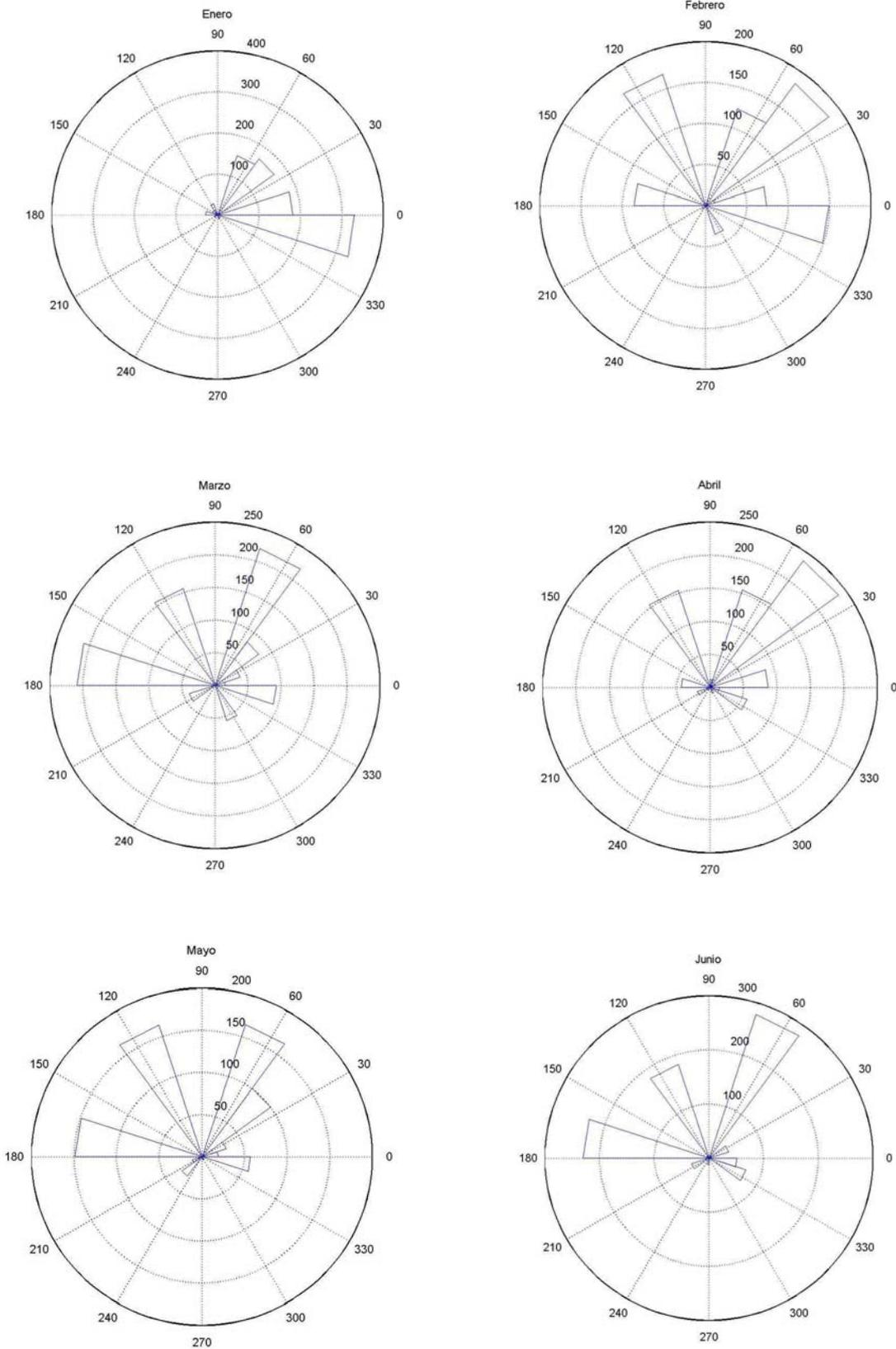
**(2007)**

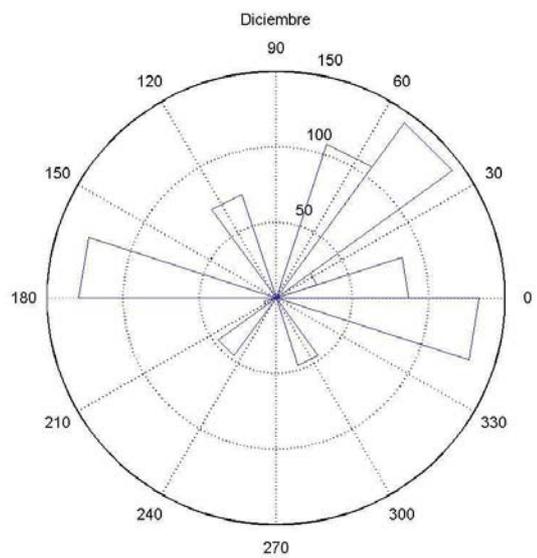
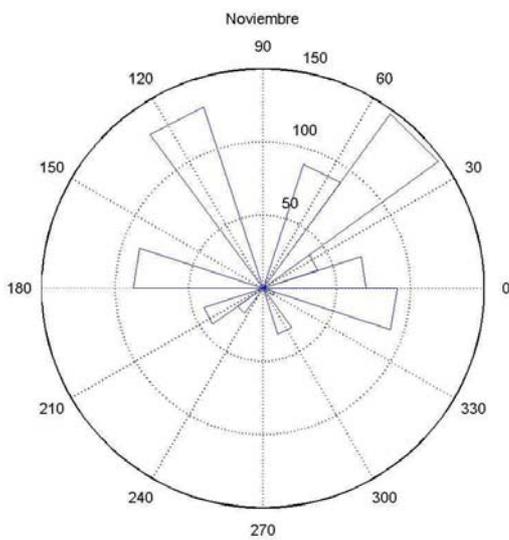
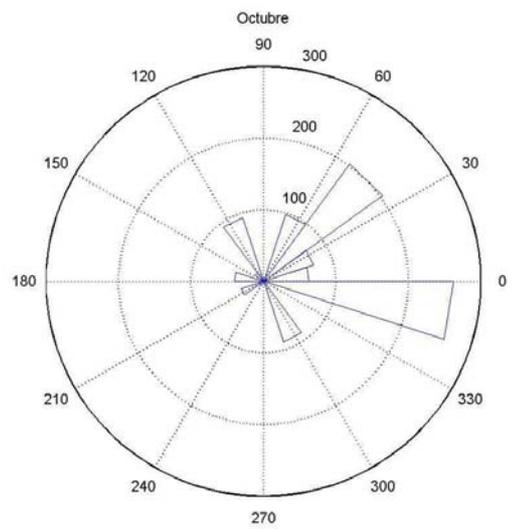
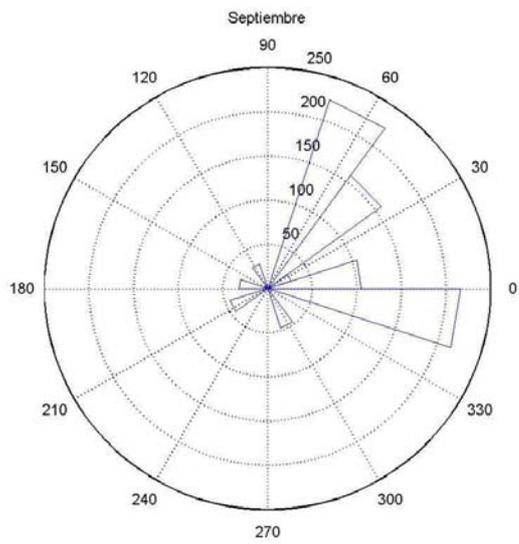
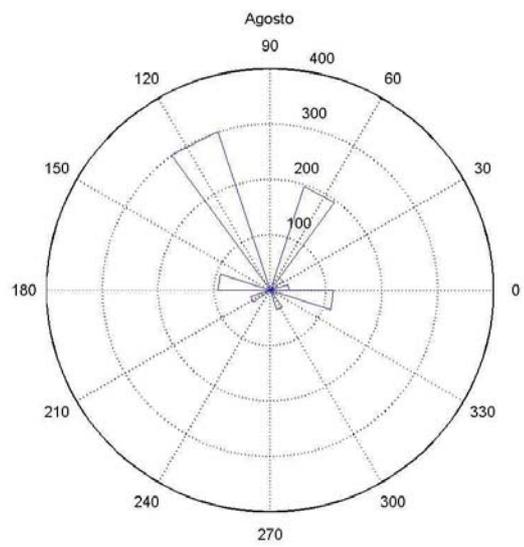
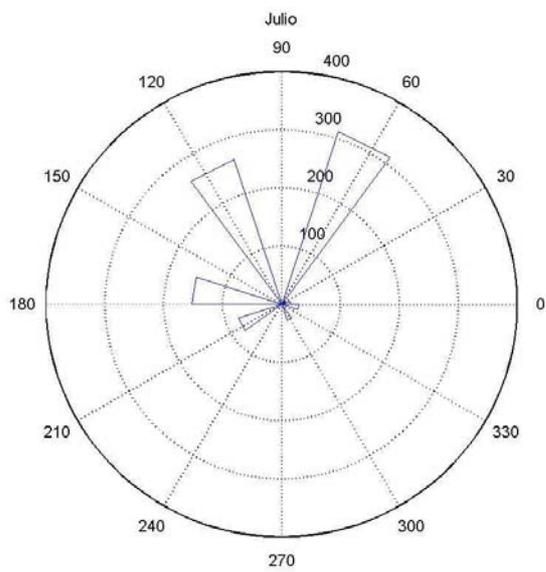




La temporada de Nortes empieza formalmente en Septiembre y termina en Marzo, pero con la particularidad de que en Agosto y Abril se observan viento del Norte.

(2008)





Para el año 2008, tenemos que la temporada de Nortes ocurrió en los siguientes meses de Septiembre a Abril del año 2008. A continuación se hace un resumen de los años anteriores:

De Noviembre a Abril = Año 2005

De Octubre a Mayo = Año 2006

De Septiembre a Marzo= Año 2007

Por lo tanto se puede que la temporada de Nortes en los 4 años analizados ocurrió de los meses de Septiembre a Abril.



*“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”*

**Albert Einstein**