

IPN-CICIMAR

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas**

**Departamento de Biología Marina y Pesquerías**

**ECOLOGÍA DE LOS TURSIONES, *Tursiops truncatus*,  
EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S.**

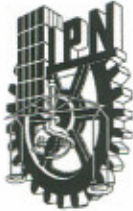
TESIS

Para obtener el grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

**MARIO ALBERTO SALINAS ZACARÍAS**

La Paz, Baja California Sur, México      Mayo, 2005.





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**  
**ACTA DE REVISION DE TESIS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 30 del mes de Mayo del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**"ECOLOGÍA DE LOS TURSIONES, *Tursiops truncatus*, EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S."**

Presentada por el alumno:

**SALINAS**

Apellido paterno

**ZACARÍAS**

materno

**MARIO ALBERTO**

nombre(s)

Con registro: 

A	0	0	0	0	1	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director de tesis  
PRIMER VOCAL

DR. DAVID AURIOLLES GAMBOA

PRESIDENTE

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SECRETARIO

DR. SERGIO AGUÍNIGA GARCÍA

SEGUNDO VOCAL

DR. JORGE DE JESÚS URBÁN RAMÍREZ

TERCER VOCAL

DR. MICHAEL D. SCOTT

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**I. P. N.**  
**CICIMAR**  
**DIRECCION**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 15 del mes Junio del año 2005, el (la) que suscribe MARIO ALBERTO SALINAS ZACARIAS alumno(a) del Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS con número de registro A000013 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. DAVID AURIOLES GAMBOA y cede los derechos del trabajo titulado: "ECOLOGÍA DE LOS TURSIONES, *Tursiops truncatus*, EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S."

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: caskelot@yahoo.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**MARIO ALBERTO SALINAS ZACARIAS**

*nómbre y firma*

**CONTENIDO**

<b>CONTENIDO</b>	2
<b>LISTA DE TABLAS</b>	3
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	5
<b>GLOSARIO</b>	9
<b>RESUMEN</b>	10
<b>ABSTRACT</b>	11
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	12
<b>ANTECEDENTES</b>	13
<b>HIPÓTESIS</b>	14
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	15
Objetivos específicos.	15
<b>AREA DE ESTUDIO</b>	16
<b>MÉTODO</b>	18
Trabajo de campo	18
Trabajo de Laboratorio	19
<b>RESULTADOS</b>	23
Esfuerzo	23
Distribución Espacial y Temporal	26
Relación de las variables ambientales y la distribución de los delfines.	33
a) Temperatura superficial del mar (TSM)	33
b) Profundidad	35
c) Marea	35
d) Distancia a la costa	36
e) Condición del mar (Escala de Beaufort)	38
f) Productividad primaria	38
Caracterización de la bahía y distribución de los avistamientos.	42
Agrupaciones de tursiones en la Bahía de La Paz.	51
Abundancia	49
a) Abundancia relativa y su variación en el tiempo	53
b) Fotoidentificación	55
c) Abundancia absoluta (captura y recaptura)	56
Asociaciones	59
Residencia	65
Desplazamientos	66
Hembras con crías	69
<b>DISCUSIÓN</b>	71
Distribución Espacio-Temporal y su relación con factores ambientales.	71
Caracterización de la Bahía de La Paz y distribución de los avistamientos.	76
Agrupaciones de tursiones en la Bahía de La Paz.	76
Abundancia relativa y absoluta.	78
Asociaciones de tursiones en la Bahía.	80
Hembras con crías.	81
<b>CONSIDERACIONES FINALES</b>	81
<b>RECOMENDACIONES</b>	85
<b>CONCLUSIONES</b>	85
<b>REFERENCIAS</b>	87
<b>ANEXOS.</b>	91

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Meses en los que se visitó cada cuadrante y aquellos en los que se realizaron observaciones de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.	24
Tabla 2. Correlaciones de Pearson entre los delfines ponderados y la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S.	38
Tabla 3. Matriz de clasificación para los cuadrantes de la Bahía de La Paz en el año 2000.	39
Tabla 4. Eigenvalores del análisis de componentes principales y la varianza explicada acumulada para el año 2000.	40
Tabla 5. Matriz de clasificación de los avistamientos efectuados en la Bahía de La Paz, B.C.S., en el año 2000.	42
Tabla 6. Distancias de Mahalanobis (parte superior del Tabla) y valores de p (parte inferior del Tabla, para los avistamientos de la Bahía de La Paz, B.C.S., en el 2000.	42
Tabla 7. Eigenvalores del análisis de componentes principales y la varianza explicada acumulada para los avistamientos del año 2000.	43
Tabla 8. Matriz de clasificación para los cuadrantes de la Bahía de La Paz en el año 2001.	43
Tabla 9. Eigenvalores del análisis de componentes principales para el año 2001	44
Tabla 10. Matriz de clasificación de los avistamientos efectuados en la Bahía de La Paz, B.C.S., en el año 2001.	45
Tabla 11. Distancias de Mahalanobis (parte superior del Tabla) y valores de p (parte inferior de la Tabla, para los avistamientos de la Bahía de La Paz, B.C.S., en el 2001.	46
Tabla 12. Eigenvalores del análisis de componentes principales y la varianza explicada acumulada para los avistamientos del año 2001.	46
Tabla 13. Número de delfines y de hembras fotoidentificadas en cada una de las agrupaciones diferenciadas en la Bahía de la Paz durante los años 2000 y 2001.	48
Tabla 14. Tamaño promedio de las agrupaciones de tursiones durante 2000 y 2001 en la Bahía de La Paz.	49
Tabla 15. Tamaño promedio estacional de las agrupaciones de tursiones durante 2000 y 2001 en la Bahía de La Paz.	50
Tabla 16. Resultados generales del análisis de asociación de los tursiones en la Bahía de La Paz durante 2000 y 2001.	55

---

Tabla 17. Características de los datos usados para el análisis de asociaciones en 2000.	55
Tabla 18. Tasas de asociación y valores de p estacionales para los tursiones de la Bahía de La Paz durante el 2000.	56
Tabla 19. Características de los datos usados para el análisis de asociaciones en 2000.	58
Tabla 20. Tasas de asociación y valores de p estacionales para los tursiones de la Bahía de La Paz durante 2001.	59
Tabla 21. Estadísticos de la Correlación de Spearman realizada entre las crías y el Índice relativo de las crías (IACrías) con el esfuerzo y la temperatura.	67

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Esquematación del flujo de información para la consecución de los objetivos.	15
Figura 2. Ubicación del área de estudio, batimetría y división en cuadrantes de la Bahía de La Paz, B.C.S. Batimetría expresada en metros. (Tomado de Jiménez-Illescas <i>et al.</i> , 1997)	17
Figura 3. Esfuerzo de búsqueda de delfines realizado en la Bahía de La Paz durante el tiempo de estudio.	24
Figura 4. Esfuerzo de navegación realizado en la Bahía de La Paz durante el tiempo de estudio, en la porción superior el correspondiente a 2000 y en la porción inferior a 2001 (división de las zonas como se presentan en el anexo 1).	25
Figura 5. Distribución de los avistamientos de tursiones en 2000 y 2001 en la Bahía de La Paz, B.C.S. (división de las zonas como se presentan en el anexo 1).	27
Figura 6. Porcentaje de avistamientos de tursiones por zona de la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.	28
Figura 7. Distribución temporal de los avistamientos ponderados de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 (rombos negros) y 2001 (cuadros blancos).	28
Figura 8. Distribución temporal de los tursiones ponderados (delfines/Km) observados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.	29
Figura 9. Distribución temporal de los tursiones ponderados observados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001, excluyendo aquellos de los tursiones oceánicos.	30
Figura 10. Distribución espacial y temporal de los avistamientos ponderados de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S.	31
Figura 11. Distribución espacial (zonas) y temporal (meses y años) del número de delfines ponderados en la Bahía de La Paz, B.C.S., para el 2000 (gráfico superior) y 2001 (gráfico inferior).	32
Figura 12. Delfines ponderados y temperatura promedio de la superficie del mar en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.	33
Figura 13. Figura en la que se relacionan las variables número de delfines, temperatura superficial del mar (°C) y profundidad promedio (m) en el sitio del avistamiento de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 2000 y 2001.	34
Figura 14. Figura en la que se relacionan las variables número de delfines, marea y distancia a la costa en la Bahía de La Paz, B.C.S. (marea muerta "0", marea ascendente "1", pleamar "2", marea descendente "-1" y bajamar "-2")	36





Figura 15. Distribución de los avistamientos de tursiones en función de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 2000 y 2001.	37
Figura 16. Porcentaje de los avistamientos de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S., en 2000 y 2001, en relación de la condición del mar (Beaufort)	38
Figura 17. Promedio mensual y error estándar de la productividad primaria (mg Clorofila <i>a</i> / m <sup>3</sup> ) en la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 1999, 2000 y 2001. Los promedios se obtuvieron de las lecturas efectuadas en las tres zonas de la bahía, durante la semana en la que se realizó esfuerzo de búsqueda de delfines.	39
Figura 18. Valores de productividad primaria (mg clorofila <i>a</i> / m <sup>3</sup> ) para cada una de las zonas de la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 1999 (superior), 2000 (media) y 2001 (inferior). Los datos corresponden a la semana en la que se llevó al cabo esfuerzo en el mar durante 2000 y 2001.	40
Figura 19. Relación del número de delfines ponderados (Delf/km) con la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001 (rombos oscuros = Prod. Prim (mg/m <sup>3</sup> ); cuadros claros = Delfines pond. (Delf/Km); triángulos rojos = Delfines pond. (Delf/Km) en t-1; círculos verdes = Delfines pond. (Delf/Km) en t-2).	42
Figura 20. Figura de los cuadrantes en función de los primeros dos componentes para el año 2000 (extremo derecho cuadrantes de la Zona 1; izquierda abajo, cuadrantes de la Zona 2 y extremo izquierdo arriba cuadrantes de la Zona 3).	44
Figura 21. Distribución de las variables al considerar los tres primeros factores para los cuadrantes en los que se observaron tursiones durante el año 2000.	45
Figura 22. Agrupación de los avistamientos de tursiones realizados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante el año 2000 (Extremo izquierdo Zona 1; centro Zona 2; derecha Zona 3).	46
Figura 23. Grafica de los cuadrantes en función de los primeros dos componentes para el año 2001. (Extremo derecho cuadrantes de la Zona 1; izquierda arriba cuadrantes de la Zona 2; extremo izquierdo abajo cuadrantes de la Zona 3).	48
Figura 24. Distribución de las variables al considerar los tres primeros factores para los cuadrantes en los que se observaron tursiones durante el año 2001.	49
Figura 25. Agrupación de los avistamientos de tursiones realizados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante el año 2001. (Extremo izquierdo Zona 1; centro Zona 2; extremo derecho Zona 3).	50

---



Figura 26. Distribución aproximada de las agregaciones de tursiones identificadas en la Bahía de La Paz, B.C.S. El área sombreada fue delimitada por los avistamientos más distantes de cada agrupación. A) Grupo de Ensenada de La Paz; B) Grupo de San Juan de La Costa; C) Grupo de Isla Espíritu Santo; y D) Grupo de tursiones “oceánicos”.	52
Figura 27. Distribución temporal de dos indicadores relativos de la abundancia de tursiones (Delfines/Km y Avistamientos/Km) en la Bahía de La Paz, B.C.S. Las flechas indican los meses con ingreso de delfines oceánicos.	54
Figura 28. Frecuencia de fotoidentificación de los tursiones de la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 2000 y 2001.	55
Figura 29. Número acumulado de tursiones nuevos fotoidentificados en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 200 y 2001 (líneas con rombos); líneal hipotético con un crecimiento constante de delfines FID (línea con triángulos) y ajuste lineal de los delfines FID (línea punteada).	56
Figura 30. Estimaciones de Abundancia efectuada para los tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S., con el modelo de Bailey para poblaciones cerradas, durante 2000 (superior) y 2001 (inferior).	57
Figura 31. Tamaño poblacional estimado para los tursiones de la Bahía de La Paz con el modelo de Jolly-Seber y sus respectivos $IC_{95\%}$ , durante los años 2000 y 2001. En el eje de las absisas se presentan los meses en los que se efectuaron estimaciones y el promedio general obtenido para el año. En el caso del gráfico correspondiente al año 2001 se ha tenido que usar una escala logarítmica, debido la diferencia de magnitud entre Junio con el resto de los meses.	58
Figura 32. Tasa de asociación estandarizada para los tursiones FID en la Bahía de La Paz en 2000 y su ajuste a un modelo de disociación rápida, compañías constantes y relaciones casuales.	60
Figura 33. Tasa de asociación nula para el juego de datos de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2000.	61
Figura 34. Tasa de Identificación de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2000.	62
Figura 35. Tasa de asociación estandarizada para delfines FID en la Bahía de La Paz en 2001 y su ajuste a un modelo de compañías constantes y relaciones casuales.	63
Figura 36. Tasa de asociación nula para el juego de datos de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2001.	64
Figura 37. Tasa de Identificación de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2001.	65

Figura 38. Ocurrencia de tursiones identificados en la Bahía de La Paz, B.C.S. para en cada categoría de residencia considerada.	66
Figura 39. Mapa de movimientos de los tursiones 79, 82 83 y 158 pertenecientes al grupo de la Ensenada de La Paz en la bahía.	67
Figura 40. Mapa de movimientos de tursiones oceánicos 103, 145, 146 y 154 en la Bahía de La Paz.	68
Figura 41. Desplazamientos y área en la que se mezclan de algunas hembras de la ensenada y del grupo oceánico.	69
Figura 42. Presencia de las hembras de tursiones en la Bahía de La Paz durante los dos años de estudio (2000 - 2001), señalada por las barras. Las líneas con errores estándar señalan la temperatura superficial del mar (°C).	70
Figura 43. Distribución temporal de las crías observadas ponderadas en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante los dos años de estudio (2000 - 2001) (señalada por la línea con rombos claros). La línea con cuadros oscuros indica la temperatura superficial del mar (°C).	70

**GLOSARIO** (Basado en el Diccionario de Términos en Ciencias del Mar, Macías, 2000)

Bajamar.- Máxima depresión de las aguas o altura mínima de la marea en un día cualquiera.

Beaufort, Escala de.-Escala descriptiva y estandarizada para expresar la fuerza del viento, elaborada por Sir Francis Beaufort en 1805. Adoptada por el Comité Meteorológico Internacional en 1874. Se expresa una escala que va de 0 (calma total) a 12 (huracán).

Foto-identificación (FID).- Técnica empleada para la diferenciación individual de animales mediante el uso de fotografías aprovechando características de los organismos ya sea naturales o artificiales.

Marea muerta.- Es aquella originada cuando la luna y el sol están en posición de cuadratura, es decir formando un ángulo recto respecto de la tierra y sus acciones de atracción se contrarrestan.

Pleamar.- Nivel máximo (o marea máxima) alcanzado por el mar, cuando resuman las fuerzas gravitacionales del Sol y la Luna.

Tursión.- Nombre común en México de los delfines de la especie *Tursiops truncatus*. También se usa el nombre de Tonina.

Stock.- (Unidad de Manejo).- Grupo de Mamíferos Marinos de la misma especie o taxa inferiores que se distribuyen en un espacio común y que se reproducen cuando son maduros.

## RESUMEN

Se realizaron observaciones directas y fotoidentificación de los tursiones de la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001. Se determinó la distribución, abundancia relativa y su variación en relación con diversos factores ambientales. De la misma forma se determinó la estructura de la comunidad de tursiones en la bahía, las asociaciones entre grupos y el uso del ambiente en relación con su actividad reproductiva y alimentación. Así mismo se documentaron los desplazamientos de algunos de los delfines identificados. La distribución de los tursiones en la zona presenta un clinal (Norte-Sur), siendo más frecuentes en la Zona 1 (interior de la bahía y Ensenada de La Paz), seguido por la Zona 2 (región media de la bahía y del Canal de San Lorenzo). Hubo un mayor número de avistamientos en el invierno y verano y una tendencia decreciente, tanto en el número de delfines como de avistamientos, posterior al verano. La comunidad de tursiones está compuesta por tres agrupaciones de delfines costeros (Ensenada, San Juan de la Costa, Isla Espíritu Santo), uno de ellos residente de la bahía; y un grupo de tursiones oceánicos principalmente en tránsito. Los cuales confluyen en la región central de la bahía y frente al Canal de San Lorenzo donde se ha observado eventos de alimentación. La distribución obedece principalmente a la alimentación, reproducción y protección de las crías. Las condiciones fisiográficas de la bahía tiene un efecto directo en la distribución de los tursiones, siendo la profundidad y la distancia a la costa y por tanto los cuadrantes los factores de mayor importancia. La correlación efectuada entre la abundancia relativa con la productividad primaria fue positiva y significativa con un desfase de un mes. La temperatura del mar (T°C) no tuvo una relación significativa con la distribución y abundancia de los tursiones. La marea mostró la correlación significativa más alta en las Zonas 1 y 2 ( $r = 0.33$  y  $0.55$ ), ambas significativas y relacionadas con el descenso y ascenso. En la caracterización de la bahía, el análisis de componentes principales mostró que en el 2000 las variables; abundancia relativa y la temperatura tuvieron mayor importancia en la zonificación de la bahía. En el 2001, la productividad primaria, temperatura de la superficie del mar y abundancia relativa fueron las más importantes. La distribución de los avistamientos en las zonas preestablecidas se explica en el 2000 por las variables: cuadrante, profundidad media, y condición del mar. En el 2001 las variables de importancia fueron el cuadrante, profundidad media, temperatura de la superficie del mar y la distancia a la costa. Los tursiones de la Bahía de La Paz formaron agregaciones con relaciones de largo plazo, pero en los dos años hay un componente de relaciones casuales, que se relacionan con la presencia de delfines externos a la bahía y solo en el 2000 los índices de asociación tuvieron una componente de disociaciones rápidas entre los delfines. Los tursiones se alimentan tanto de especies de peces demersales en la ensenada y aguas someras de la Zona 1, como de sardinas y macarelas entre la Zona 1 y 2. En la temporada fría se presenta la mayor incidencia de crías pequeñas, lo que coincide con la mayor cantidad de hembras fotoidentificadas, por lo cual es una temporada importante para la reproducción de la especie en esta bahía.



**ABSTRACT**

Distribution, relative abundance and its seasonal variation related to environmental factors, using direct observations and photo-identification of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bahía de La Paz, B.C.S. were investigated during 2000 and 2001. Also dolphin community structure, association patterns and habitat use in regard to breeding, feeding, and movements were investigated. Most of the sightings were found in Zone 1 (Ensenada), followed by Zone 2 (central bay and Canal de San Lorenzo). Relative abundance was high during winter and summer, a constant reduction in sightings after summer was detected. Three coastal bottlenose dolphins groups and one offshore form group constitute the Bahía de La Paz community. Resident group and offshore form converge in the center of the bay and in front of Canal de San Lorenzo, during feeding episodes. Bottlenose dolphins' distribution is related to feeding, breeding and calves protection. Main bay physiographic characteristics, such as deep, distance from shore and therefore quadrant, are important in dolphins distribution. Significant positive correlation between dolphins' relative abundance and primary productivity one month delayed was found. Dolphins' distribution and relative abundance did not present significant correlation with sea surface temperature. Dolphins' sightings were correlated to ebb and flood tide in Zone 1 and 2. According with multivariate analysis relative abundance and sea surface temperature was important variables during 2000 and 2001, and primary productivity also for 2001 to establish zones in the bay. Sightings distribution for 2000 was explained mainly by quadrant, average depth and sea condition (Beaufort scale). During 2001 the variables explained sightings distribution were quadrant, average depth, sea surface temperature and distance from shore. Analysis of lagged association rates suggested that bottlenose dolphins in Bahía de La Paz have long term associations and casual relations (possibly with offshore dolphins groups) during 2000 and 2001 and fast disassociations only for 2000. Bottlenose dolphins feed on bottom fishes in Ensenada de La Paz and Zone 1, and on sardine and mackerels in the limits of Zone 1 and 2. Most of the calves are presented during the cold season, when most of the females were photo-identified.

## INTRODUCCIÓN.

En México durante el proceso de uso y administración de los tursiones (*Tursiops truncatus*) como un recurso natural renovable, se ha hecho un esfuerzo considerable por conocer el tamaño poblacional de las diferentes unidades de manejo que han sido sujetas a extracción, para lo cual se han empleado diferentes técnicas de estudio. El tamaño poblacional es una de las principales características e información indispensable para el manejo de cualquier población. Sin embargo se ha puesto poca atención en otros parámetros que también son de importancia, sobre todo si se pretende hacer un uso sostenido de las diferentes poblaciones o unidades de manejo (stocks). Lo anterior no significa que no se haya hecho esfuerzo por generar parte de esta información, sino que es un proceso largo que requiere de continuidad y de una inversión considerable de recursos humanos, técnicos y económicos, así como del apoyo del sector gubernamental, académico y de la sociedad en general.

La dinámica natural de las poblaciones en varios de los aspectos básicos de su ecología debe describirse y evaluarse en una primera instancia, para posteriormente entender las variaciones que en el tiempo y bajo diferentes condiciones se produzcan. Como se ha mencionado anteriormente, este es un proceso largo especialmente cuando se trata de cetáceos debido a la longevidad de los organismos y a la duración del ciclo de vida de la especie en cuestión, la dificultad de seguir a los animales por periodos largos y el costo general del proceso que requiere de conseguir recursos de forma constante y a largo plazo.

Es en este contexto en el que se dio inicio a este trabajo, es también sin duda un parte de las investigaciones que aún quedan por realizarse en el camino de conocer mejor a los tursiones que habitan en las aguas costeras mexicanas. El interés generalizado por los delfines en particular y en los cetáceos en general, ha resaltado la necesidad de contar con la información biológica básica que permita a futuro establecer las bases para un manejo adecuado de este recurso.

Este proceso de generación de información biológica más detallada de la especie requiere de estudios con duración mayor a la de un proyecto de doctorado, por lo que este proyecto aporta parte de esa información, pero sobre todo indicará muchas de las potenciales líneas de investigación que se deben de seguir a futuro. Pero sobretodo, este trabajo hace hincapié en la necesidad de conformar grupos de trabajo inter y multidisciplinarios, así como multisectoriales.

Desde el punto de vista sectorial, la creación de el Subcomité Técnico Consultivo para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de los tursiones (*Tursiops spp.*) en México, impulsado por la SEMARNAT, ha reunido a los diferentes sectores interesados en el recurso tursiones y han iniciado trabajos en busca de esa estructura que ayude a tomar las decisiones adecuadas sobre el manejo de este recurso. En este sentido, el presente trabajo representa una contribución sobre el conocimiento de una de las agrupaciones de tursiones mas estudiadas en todo México.

## ANTECEDENTES.

Los tursiones o toninas (*Tursiops truncatus*) son una especie de delfines cosmopolita para las aguas tropicales y templadas de todo el mundo. La taxonomía de la especie es muy complicada y ha sido motivo de discusiones, por lo que de forma práctica, a nivel internacional se considera como una sola especie; mientras que no se cuente con información adicional que permita dilucidar los problemas taxonómicos sobre las diversas formas hasta ahora propuestas (Klinowska, 1991). En todas las áreas donde se ha estudiado la especie, se reconocen dos formas ecotípicas, la forma costera y la forma oceánica, esta última también presente alrededor de las islas oceánicas.

Esta especie de delfín está más o menos bien conocida dados sus hábitos costeros y por ser la especie que ha sido mantenida en cautiverio por más tiempo. Sin embargo la IUCN aún la considera como una "Especie Insuficientemente Conocida", es decir que no se cuenta con información suficiente para asignarla a alguna de las categorías de especies amenazadas, en peligro o vulnerables, debido a que no se conoce la tendencia de las diferentes poblaciones (Klinowska, *op. cit.*).

Los tursiones son altamente sociables como se ha demostrado en diversos trabajos realizados para esta especie en diferentes lugares dentro de su área de distribución (Würsig y Würsig, 1977; Würsig, 1978; Shane, 1990; Wells *et al.*, 1980; Balance 1990; Wells, 1991; Smolker *et al.*, 1992). La organización de estos delfines se ha empezado a describir a partir de estudios realizados a largo plazo y se han identificado segregaciones por sexo y edad (Wells, 1991; Smolker *et al.*, 1992; Connor *et al.*, 1992; Richards, 1996), aunque la conducta y algunas características básicas de estas agregaciones parecen variar ligeramente de una región a otra.

La estructura grupal de los grupos de animales (entendida como la composición de la agrupación por sexos y edades, así como la forma en que se relacionan) puede abordarse de diferentes maneras y se pueden emplear también varias técnicas que permitan una aproximación comprensible de la forma en la que los animales se relacionan y organizan dentro de un grupo.

Comprender las variaciones en la organización de las agrupaciones a través del tiempo permite evaluar la adaptabilidad de la especie en relación a cambios de las condiciones ambientales, ya sea de origen intrínseco o extrínseco y medir el éxito reproductivo del grupo como resultado de esta adaptabilidad.

A partir de la información publicada sobre esta especie de delfín, se conoce que forma agrupaciones con fuertes vínculos de duración variable. Estos vínculos son especialmente fuertes entre las hembras con sus crías, los cuales duran por lo menos 4 años, edad a la que generalmente son destetados por completo. La madre y la cría ya destetada pueden seguir juntos algunos años más en el caso de que la cría se trate de un macho, mientras que en el caso de una cría hembra esta relación puede mantenerse por muchos años más (Smolker *et al.*, 1992; Richards, 1996). De la misma forma se han descrito vínculos fuertes entre parejas y tercias de machos adultos, asociaciones que eventualmente llegan a tener una magnitud similar a la encontrada entre las hembras con sus crías (Smolker *et al.*, *op. cit.*). Por otra parte, se conoce que los delfines machos realizan grandes movimientos alejándose

de su grupo original y regresando en tiempos variables, en ocasiones después de varios años. Estas características generan diferencias en las relaciones grupales de los delfines, así como en el grado de residencia de los mismos y hace que los tursiones machos se encuentren en condiciones ambientales y presiones de selección distintas a las que están sujetas las hembras, las cuales generalmente son residentes.

En el ecosistema marino los delfines son considerados como depredadores tope. Los tursiones son una especie oportunista por lo que su dieta es muy variada, dependiendo de las condiciones ambientales, la abundancia de ciertos recursos y su disponibilidad. Cockcroft y Ross (1990) han enlistado a más de 60 especies presas de los tursiones en Sudáfrica, que incluye elasmobranquios, peces y cefalópodos. En La costa Sureste de los Estados Unidos de Norteamérica se han identificado a 67 especies presas que incluye a peces teleósteos, cefalópodos, crustáceos y un cangrejo cacerola (Barros y Odell, 1990). En Carolina del Norte, Mead y Potter (1990) hacen una lista de los géneros encontrados en tursiones varados, en la que se incluyen 72 especies de peces, elasmobranquios, cefalópodos y crustáceos. Estos últimos autores mencionan que no existen diferencias entre los dos sexos en el consumo de las cuatro especies más importantes de su dieta; sin embargo, Cockcroft y Ross señalan diferencias en las distintas clases de sexo y edad. Por su parte, Barros y Odell también encontraron diferencias entre los dos sexos en la frecuencia de consumo y la talla de las presas dependiendo de la región estudiada.

La distribución costera de estos delfines y la diversidad en su dieta son factores que propician su interacción con diferentes recursos pesqueros que pueden tener importancia comercial y de la misma forma interferir en las actividades de pesca ribereña (Wells *et al.*, 1998). A su vez, estos hábitos hacen a esta especie susceptible a los efectos de distintas actividades humanas, de acuerdo con la IUCN la especie se encuentra sujeta a una extracción directa e indirecta, y su ambiente es vulnerable a la invasión, a la perturbación y a la contaminación (Klinowska, 1991). La reciente interacción de estos delfines con el humano ha traído efectos negativos en ambos sentidos (Frohoff, 2000).

## **HIPÓTESIS.**

Los tursiones son una especie depredadora tope del ecosistema costero marino, las características morfológicas y fisiológicas que presentan son una adaptación de su estructura a la vida en el ambiente marino y es reconocida por su gran plasticidad para adaptarse a diversos ambientes marinos. Sin embargo, la alimentación y reproducción son momentos críticos de su biología, por lo que se espera variaciones en factores ambientales como la temperatura superficial del mar, productividad primaria, profundidad y mareas tengan influencia y modifiquen parámetros biológicos básicos de la especie como su distribución, abundancia, estructura social y uso del hábitat.



## OBJETIVO GENERAL

Establecer los patrones básicos y variaciones en el tiempo de la distribución y abundancia de los tursiones en la Bahía de La Paz en relación con distintos factores bióticos y abióticos, así como establecer la organización social y desplazamientos de estos delfines.

### Objetivos específicos.

- ◆ Determinar la distribución de los tursiones en la Bahía de La Paz y los cambios en el tiempo y espacio.
- ◆ Estimar la abundancia y su variación en la Bahía de La Paz.
- ◆ Determinar la relación de variables ambientales con la distribución y abundancia de los tursiones.
- ◆ Identificar las agrupaciones de tursiones en la Bahía de La Paz.
- ◆ Describir los vínculos entre los delfines de las diferentes agrupaciones y cuantificar mediante índices de asociación dichas relaciones en las agrupaciones más estables y constantes en la Bahía de La Paz.
- ◆ Documentar el desplazamiento de delfines y residencia de los delfines de la Bahía de La Paz.

En la siguiente figura se presenta el esquema del flujo de información esperado para la consecución de los objetivos planteados.

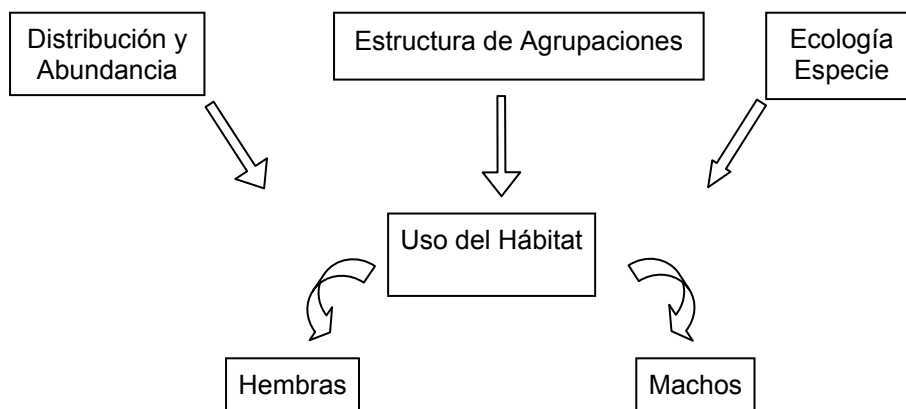


Figura 1. Esquemización del flujo de información para la consecución de los objetivos.

## AREA DE ESTUDIO.

La Bahía de La Paz se ubica en la porción sureste de la Península de Baja California, a 200 Km de su extremo. Se encuentra entre los paralelos 24° 08' y 24° 43' de latitud norte y entre los meridianos 110° 11' y 110° 42' de longitud oeste. Tiene una extensión en su eje mayor de 90 Km y un área de aproximadamente 4500 Km<sup>2</sup>. Se comunica a través de dos bocas con la parte sur del Golfo de California, una al noreste (Boca Grande) y otra al este (Boca Chica o Canal de San Lorenzo). En la parte sureste de la bahía se localiza la laguna costera denominada Ensenada de la Paz, en la costa sur del canal que conecta a la laguna con la bahía se encuentra el Puerto de La Paz, capital del estado de Baja California Sur (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997). La batimetría de la mitad noroeste de la bahía indica una región profunda (400 m) separada por un umbral suave en la Boca Grande (250 m). Hacia el sur la profundidad disminuye gradualmente hasta llegar a una parte somera con pendiente suave y playas extensas (Anónimo, 1982) (Fig. 2).

Obeso (2003) señala que de los datos obtenidos durante su estudio de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, se puede concluir que en el otoño-invierno los vientos dominantes del noroeste y norte, originando una importante capa de mezcla, además de promover el hundimiento de la termoclina. En este tiempo se forma una circulación de tipo ciclónica frente a la costa peninsular de la bahía y el Canal de San Lorenzo, formándose un giro en la porción central de la bahía.

En el verano, las aguas de la bahía muestran una estratificación con una frecuente ausencia de una capa de mezcla, debido principalmente a la alta radiación y a los vientos poco persistentes del sureste y sur, así como al arribo de masas de agua calidas y saladas del Golfo de California. Se aprecia durante esta temporada una circulación costera aparentemente de tipo ciclónica, que entra por la Cabeza del Mechudo (Noroeste de la bahía) y que viaja paralela a la costa noroeste, cruza el Canal de San Lorenzo y entra al Golfo de California (Obeso, 2003).

Se dividió la bahía en tres zonas (Anexo 1) con el fin de distribuir de mejor forma el esfuerzo de búsqueda, para lo cual se tomaron como referencia el paralelo 24° 20' N que divide la Zona 1 (Interior y ensenada) y Zona 2 (Media y Canal de San Lorenzo) y el paralelo 24° 30' N, que divide la Zona 2 y Zona 3 (Boca), además se consideró una línea imaginaria que une la Punta del Mechudo con el extremo Norte de Los Islotes, con el fin de delimitar las aguas de la Zona 3 de aquellas del Golfo de California. De la misma forma la zona de estudio fue dividida en cuadrantes de 5 millas náuticas por lado, con el propósito de efectuar un análisis mas detallado de la distribución (Fig. 2).

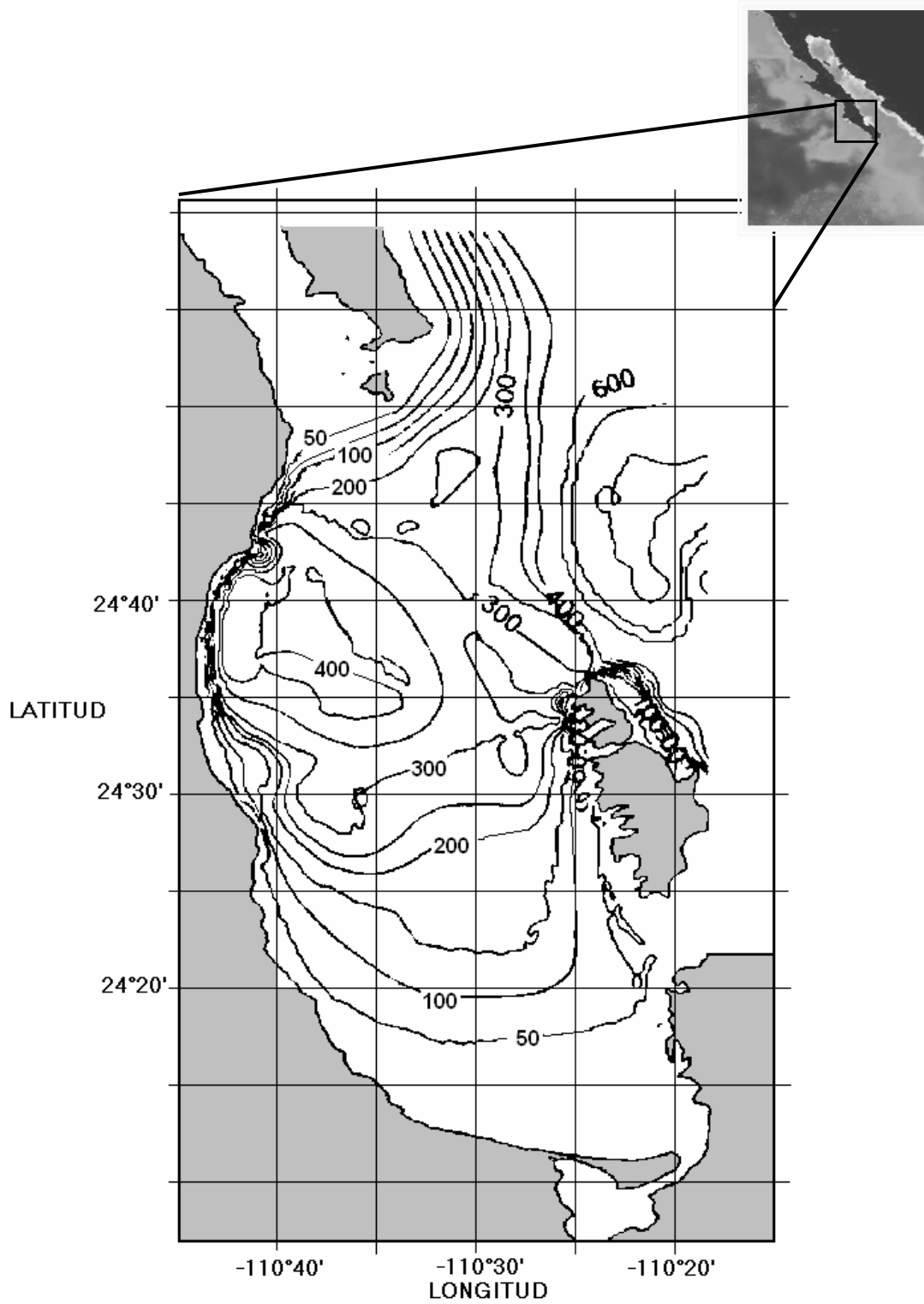


Figura 2. Ubicación del área de estudio, batimetría y división en cuadrantes de la Bahía de La Paz, B.C.S. Batimetría expresada en metros. (Tomado de Jiménez-Illescas *et al.*, 1997)

## MÉTODO

### Trabajo de campo

#### Navegaciones

Se realizaron 18 salidas mensuales a la Bahía de La Paz, B.C.S., con una duración promedio de 6 días cada una, en el periodo comprendido de Febrero de 2000 a Diciembre de 2001. Durante estas se llevaron al cabo observaciones de agrupaciones de tursiones desde embarcaciones con 7 m de eslora y motor fuera de borda de 20 HP, los recorridos en la zona de estudio se efectuaron sin derrota previamente definida. De principio se planeó invertir dos días tanto para la Zona I como para la Zona II, mientras que en caso de la Zona III el esfuerzo planeado fue de tres días. Las navegaciones tuvieron como objetivo primordial ubicar agrupaciones de tursiones con el fin de llevar al cabo la Fotoidentificación (FID) y el reconocimiento de las mismas. Durante las navegaciones se contó con tres observadores, quienes cumplían con diferentes tareas durante la búsqueda, la fotoidentificación y colecta de datos de campo.

#### Fotoidentificación (FID)

La FID es una técnica confiable que ha sido usada con anterioridad en diferentes partes del mundo para la individualización de tursiones mediante la toma de fotografías perpendiculares de la aleta dorsal, a partir de las marcas naturales como muescas, cicatrices, marcas de dientes, mutilaciones y patrones de coloración.

Durante el avistamiento se tomaron datos rutinarios como fecha, hora, lugar, distancia a la costa, condiciones ambientales como estado del mar a través de la escala de Beaufort, marea, corrientes, y datos específicos de la composición del grupo por clases de edades y sexo, conducta y datos de la formación del grupo y el desplazamiento que fueron registradas en formas especialmente diseñadas. Se correlacionaron los datos de campo con los datos de FID, anotando el número de rollo y exposiciones tomadas en cada avistamiento.

Las fotografías se tomaron con la ayuda de cámaras reflex de 35 mm, equipadas con lentes zoom de distancia focal variable (70-210 mm o 100-300 mm) y con motor para avanzar la película. Se emplearon películas fotográficas de color para transparencia (Fuji 100 y 200 ISO) y películas blanco y negro (Kodak T-MAX 400 ISO) para impresiones en papel. Una vez localizados los delfines, los avistamientos se ubicaron y obtuvieron las coordenadas de latitud y longitud con la ayuda de un geoposicionador por satélite (GPS), para posteriormente marcarlos en los mapas georeferenciados.

El material fotográfico en blanco y negro se procesó por el personal del Laboratorio de Ecología de Mamíferos Marinos, mientras que la película a color se procesó comercialmente. Las fotografías de los organismos diferenciados fueron incluidas en un catálogo de referencia, las fotografías fueron debidamente etiquetadas y correlacionadas con los datos tomados en el campo.



## Trabajo de Laboratorio

### Distribución

La distribución espacial y temporal de los delfines se obtuvo de las observaciones directas en el campo y de los datos de fotoidentificación. En un mapa georeferenciado del área de estudio dividido en Zonas y cuadrantes se marcaron los avistamientos efectuados en cada uno de ellos. Se realizó una ponderación del esfuerzo hecho en cada una de estas zonas utilizando solamente la distancia recorrida en actividad de búsqueda, para hacer comparaciones, determinar diferencias en la distribución y las posibles variaciones en el tiempo. Se elaboraron mapas de distribución de los avistamientos de forma global y estacional empleando el programa Costa de México (De la Cruz-Agüero y Rodríguez-Sánchez, 2000).

Se realizó un análisis multivariado de componentes principales con el fin de determinar si los cuadrantes pudieran agruparse y formar Zonas con características comunes y de esta forma conocer las variables ambientales que tuvieran mayor influencia en la distribución de los avistamientos. Para este análisis se elaboró una matriz con 25 variables que incluyeron la profundidad de cada cuadrante, la abundancia relativa, productividad primaria y temperatura para cada mes en los dos años de estudio.

De la misma forma, se realizó un análisis de discriminantes en el que se evaluó las características de los cuadrantes de la bahía con el fin de definir si existían características que los agruparan, de manera que se pudiera asociar dichas características con la distribución de los avistamientos. Debido a que hay cuadrantes que fueron visitados pero en los que no hubo avistamientos de delfines, se procedió a diferenciarlos de aquellos que no fueron visitados, marcando como 0.00001, los primeros, y como 0 (cero absoluto) a los segundos, esto además permitió que el programas estadístico no rechazara las variables que contuvieran repetidamente el cero.

### Relación de las variables ambientales y la distribución de los delfines.

Se elaboraron cuadros de avistamientos en los que se organizaron los datos obtenidos en el campo tanto de las características de los avistamientos de tursiones como de las condiciones ambientales que predominaban en el momento, especialmente en lo referente a condiciones del mar (escala de Beaufort), temperatura de la superficie del mar y nubosidad. Otros datos como la distancia a la costa, profundidad y marea fueron obtenidos posteriormente de mapas de la región y de las tablas de marea generadas por el programa MAR V0.32, proporcionado por la sección de Oceanografía del CICESE (González, 2001, <http://oceanografia.cicese.mx/predmar/index.html>).

La productividad primaria (concentración de clorofila *a*, medida en  $\text{mg/m}^3$ ) se evaluó para las tres zonas de la bahía por medio de imágenes de satélite capturadas mediante el sensor SEAWIFS, el cual se encuentra a bordo del satélite SEASTAR de la NASA. Estas imágenes se obtuvieron a partir de la biblioteca de imágenes públicas de la NASA (SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE). Estas imágenes son de baja resolución por lo que sólo fue posible



determinar los valores de clorofila *a* para cada zona y no para cada cuadrante. Los promedios mensuales de productividad primaria presentados, se obtuvieron al promediar los valores correspondientes para cada una de las tres zonas en las que se dividió la bahía durante ese mes, por lo que fue posible estimar el error estándar. Mientras en que los valores de productividad primaria presentados para cada zona de la bahía en cada año, representan valores únicos obtenidos de la imagen correspondiente a la semana en la que se realizó el esfuerzo de observación de delfines en el mar, por lo que no fueron calculados errores estándar.

Se efectuó una correlación de las variables ambientales consideradas para cada avistamiento por medio de una correlación de matrices de Pearson, la cual se encuentra dentro de la rutina del programa de estadística Statistica 5.5 (StatSoft, Inc. 1999).

Los datos se procesaron de forma global, por estaciones del año y por zonas. En el caso de la Zona III aunque fue incluida en la mayoría de las pruebas estadísticas su confiabilidad es limitada, debido a que se efectuaron pocos avistamientos.

Se realizó estadística básica y pruebas Chi cuadrada y ANOVA dependiendo de los datos que se emplearon para comparar la distribución de los avistamientos en el espacio y en el tiempo. En el caso de las Anovas se aplicaron pruebas *post hoc* de Tukey HSD (Honest Significant Differences) para muestras de diferentes tamaños (StatSoft, Inc. 1999).

Los avistamientos fueron agrupados en dos temporadas del año en función de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en fría y cálida para ello se emplearon los datos estandarizados de la TSM obtenidos Espinoza y Rodríguez (1987) desde 1982 a 1985 y por el Departamento de Pesca, Dirección de Acuacultura durante 1980-1981 (Aurioles *et al.*, 1989), quienes establecieron la temperatura de 24°C como límite entre estas dos categorías. Los datos obtenidos en el campo tuvieron una varianza importante debido a que fueron tomados a diferentes horas del día y en zonas someras y profundas, por lo que se utilizaron con precaución.

En el análisis de correlación de la marea con el número de delfines, se asignaron números negativos o positivos a las mareas con el fin de que los análisis los consideraran como un estado y no como un valor numérico, de esta forma a la marea muerta se le etiquetó como Cero (0), la marea ascendente como Uno positivo (1), y a la pleamar como Dos positivo (2), mientras que en el caso de la marea descendente esta se etiquetó como Uno negativo (-1) y a la bajamar como Dos negativo (-2).

#### Estimaciones de Abundancia Relativa

Se emplearon los datos de navegación y de observaciones en el mar para aplicar la técnica de transecto y hacer estimaciones de densidad y abundancia relativa para todo el periodo de estudio y estacionalmente.

La estimación de la densidad promedio se realizó haciendo un cálculo de la densidad de individuos por Km<sup>2</sup>, aplicando la ecuación utilizada por Ortega (1996), la cual parece ser una modificación a la ecuación propuesta por Hammond (1986)

$$D = \frac{n}{Lb}$$

Donde:

$D$  = densidad (ind/Km<sup>2</sup>)

$n$  = número de individuos observados

$L$  = distancia recorrida en transectos (Km.)

$b$  = ancho de banda

El ancho de la banda se estimó como el promedio de las distancias perpendiculares ( $Dp$ ) de cada avistamiento, las cuales se obtuvieron de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Dp_i = \text{Seno } \angle^* da$$

Donde:

$Dp_i$  = Distancia perpendicular del avistamiento  $i$

$\angle$  = Angulo formado entre la derrota de la embarcación y el avistamiento  $i$

$da$  = distancia estimada entre la embarcación y el avistamiento  $i$

La estimación del tamaño de la población se efectuó multiplicando la densidad promedio (ind/Km<sup>2</sup>) por el área aproximada que se cubrió en los transectos.

#### Abundancia absoluta

La estimación de abundancia absoluta se realizó utilizando el modelo estándar (Modelo A) de Jolly-Seber para poblaciones abiertas, el cual se encuentra en el programa POPAN-5 (Arnason *et al.*, 1998). Se utilizó la interface MRI (Mark-Recapture Interface) (McGlinchy y Barker, 1998). En este programa el modelo de Jolly-Seber considera las tasas de mortalidad-emigración y el número de nacimientos–inmigración varían entre los periodos de muestreo. Las estimaciones de la probabilidad de supervivencia entre los muestreos  $i$  e  $i+1$  (PHI), el tamaño de la población para el tiempo  $i$  ( $N_i$ ), número de animales marcados al tiempo  $i$  ( $M_i$ ), y el número de animales nuevos reclutados durante el intervalo  $i$  ( $B_i$ ), los calcula el programa usando la formula corregida para sesgos (Seber, 1982). Los intervalos de confianza al 95% fueron calculados por el programa usando el error estándar, el cual incluye la varianza de la muestra (SE (x)).

#### Identificación de agrupaciones



A partir de las fotografías obtenidas de cada delfín que pudo ser diferenciado durante los avistamientos en los que se aplicó la técnica de FID, se determinó la presencia e identidad de los delfines que estuvieron presentes en esos avistamientos. A partir de esta información se construyó una base de datos de presencia y ausencia de esos delfines conocida como base de “UNOS Y CEROS”. A partir de la frecuencia con la que distintos delfines fueron vistos en diferentes avistamientos se conformaron las agrupaciones de tursiones más estables. Estas agrupaciones fueron corroboradas con las observaciones en el mar y los datos de campo colectados. En el caso de las agrupaciones consideradas como pertenecientes a la forma oceánica de los tursiones, se consideró el tamaño de la agrupación, morfología general, coloración, y densidad de marcas o cicatrices.

#### Asociación entre delfines

Con base en los datos de fotoidentificación y la aplicación del programa SOCPROG 5.1 (Whitehead, 1999) se obtuvieron las matrices de los índices de asociación de los distintos animales sin tomar en cuenta las agrupaciones vistas en el campo a fin corroborar las asociaciones efectuadas *a priori*, así como para dar un valor comparativo a las distintas asociaciones entre diferentes individuos. Este programa se basa en los trabajos efectuados inicialmente por Manly (1995) y Bejder *et al.*, (1998) y el trabajo posterior efectuado por el autor, especialmente con cachalotes. Trabaja con varios índices que han sido probados con diferentes especies de cetáceos, cachalotes (Whitehead, 1997; 1999; 2001), orcas, *Hyperodon spp.*

En el caso del presente trabajo se empleó el índice de peso medio (IPM) que es el mismo empleado por Bejder, *et al.*, (1998).

$$IPM = x / \{x + y_{ab} + 0.5(y_a + y_b)\}$$

Donde

X= Número de veces en el que el individuo A y B fueron vistos en el mismo grupo.

$y_a$ = Número de veces en las que el delfín A fue visto pero no estuvo presente B.

$y_b$ = Número de veces en las que el delfín B fue visto pero no estuvo presente A.

$y_{ab}$ = Número de veces en las que las que A y B fueron vistos al mismo tiempo en diferentes grupos (en este caso siempre es cero)

Se efectuaron pruebas de permutación, las cuales son de utilidad para probar la hipótesis sobre asociaciones preferidas entre los individuos. En términos generales para rechazar la hipótesis nula la distribución de los índices de asociación de los datos reales debe ser diferente de la distribución de los índices de asociación obtenida a partir de las permutaciones. Esta rutina genera diferentes estadísticos de prueba. Se efectuaron permutaciones de grupos entre muestras, en la que para cada periodo de muestreo, los elementos de la matriz de incidencia de grupos por individuo son permutados, manteniendo los renglones y las columnas constantes. Esta prueba usa la modificación

al procedimiento de Manley/Bejder *et al.*, en la que en cada paso un periodo de muestreo es seleccionado aleatoriamente para ser alterado (Whitehead, 1999). Esta opción prueba compañías preferidas a largo plazo (entre periodos de muestreo) y de corto plazo (en el periodo de muestreo). Las compañías preferidas de largo plazo estarán señaladas por una “SD (DE)” del índice real de asociación significativamente alta. Mientras que las compañías preferidas de corto plazo son indicadas por medias bajas del índice de asociación real.

Se efectuaron análisis temporales obteniéndose las tasas de asociación por periodos, el cual es un estimado de la probabilidad de que dos individuos asociados actualmente se encuentren asociados en varios periodos de tiempo posteriores.

De la misma forma se obtuvieron las tasas de identificación por periodo, lo cual indica la probabilidad de que un individuo identificado en cualquier momento, sea identificado posteriormente. Si existen emigración o mortalidad, entonces las tasas de identificación típicamente caen con el tiempo transcurrido.

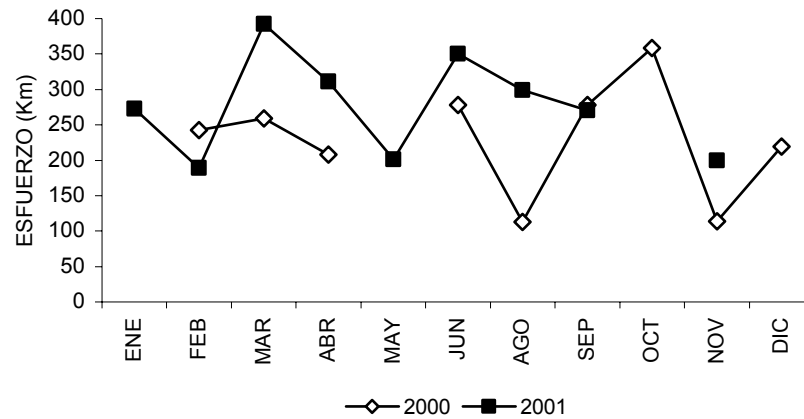
- Residencia y Movimientos

Los delfines fotoidentificados fueron asignados a una de las tres categorías de residencia considerada por Zolman (2002); los delfines residentes (R) fueron aquellos individuos que estuvieron presentes durante las cuatro estaciones del año independientemente del año en el que fueran vistos, los residentes estacionales (RE) fueron los delfines que se fotoidentificaron en la misma estación del año en años consecutivos, pero que no fueron vistos en las estaciones intermedias, y los delfines en tránsito (T) aquellos que fueron identificados en una o dos estaciones consecutivas.

## RESULTADOS

### Esfuerzo

Durante los dos años de estudio se realizó un esfuerzo efectivo de 112 días de trabajo en el mar, tiempo durante el cual se recorrieron un total de 2393.5 millas náuticas (4432.8 Km) de estos el 43.3% se realizó en el año 2000 y el 56.7% en 2001 (Fig. 3), diferencia que no fue significativa ( $F_{(1,22)}=0.832$   $p=0.372$ ) (Anexo II).



**Figura 3. Esfuerzo de búsqueda de delfines realizado en la Bahía de La Paz durante el tiempo de estudio.**

La distribución espacial de los recorridos efectuados durante los dos años de estudio se muestra en la figura 4. Como se puede apreciar se llevó al cabo un mayor esfuerzo generalizado en la bahía en el 2001.

En cada uno de los dos años que duró este estudio se realizaron navegaciones en nueve meses, en este tiempo se trató de que fueran visitados la mayor parte de los cuadrantes, en los que fue dividida la bahía. En el Tabla 1 se presenta el número de meses en que se visitaron cada uno de los cuadrantes, el número de meses en los que hubo avistamientos de tursiones y los porcentajes que estos representan del total de visitas.

No obstante el intento por hacer un esfuerzo similar entre zonas, existe diferencias importantes aunque no significativas ( $F_{(2,21)}=1.10$ ;  $p<0.353$ ) (Anexo II). Estas diferencias tampoco fueron significativas en el caso de las estaciones del año, aunque el valor de  $p$  se encuentra muy próximo al valor crítico ( $F_{(3,4)}=4.93$ ;  $p = 0.078$ ) (Anexo II), señalando al Otoño como la estación con menor esfuerzo. Debido a estas diferencias, se procedió a realizar ponderaciones del número de avistamientos y animales observados en función del esfuerzo para hacer las comparaciones confiables.



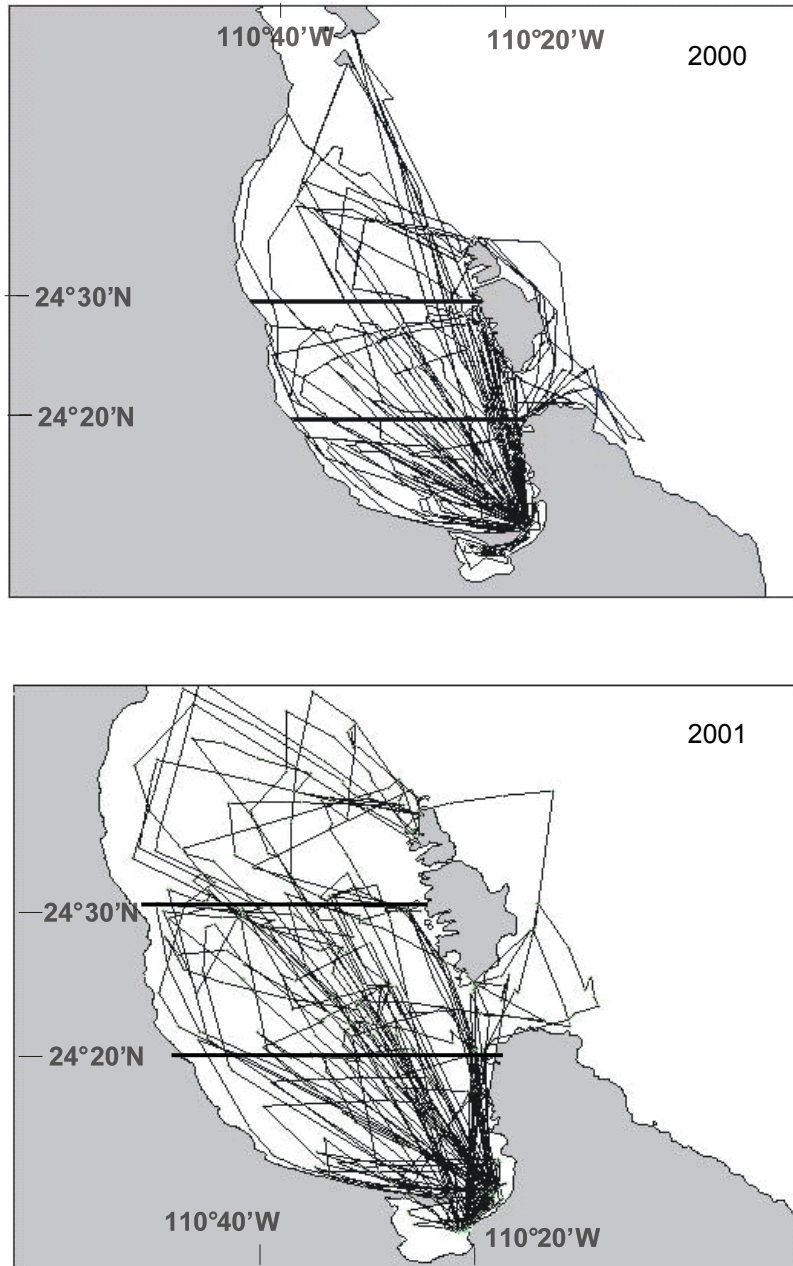


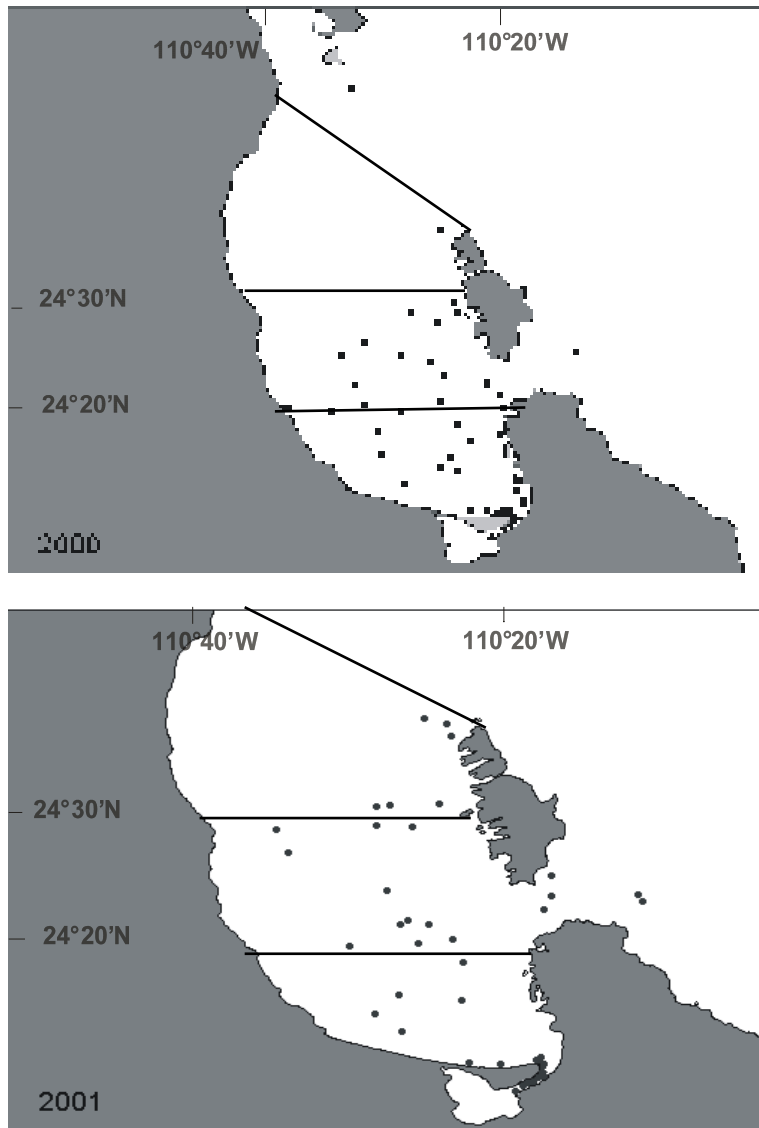
Figura 4. Esfuerzo de navegación realizado en la Bahía de La Paz durante el tiempo de estudio, en la porción superior el correspondiente a 2000 y en la porción inferior a 2001 (división de las zonas como se presentan en el anexo 1).

**Tabla 1. Meses en los que se visitó cada cuadrante y aquellos en los que se realizaron observaciones de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.**

Cuadrante	2000			2001		
	Meses Visit.	Meses c/Obs	%	Meses Visit.	Meses c/Obs	%
1	9	9	100	9	7	77.78
2	7	3	42.86	9	2	22.22
3	5	1	20.00	9	2	22.22
4	2	0	0.00	5	0	0.00
5	7	2	28.57	8	3	37.50
6	5	0	0.00	9	1	11.11
7	4	2	50.00	6	1	16.67
8	3	2	66.67	3	0	0.00
9	3	0	0.00	9	0	0.00
10	4	2	50.00	8	0	0.00
11	5	3	60.00	9	4	44.44
12	8	1	12.50	9	0	0.00
13	9	1	11.11	7	0	0.00
14	6	1	16.67	8	3	37.50
15	7	1	14.29	9	2	22.22
16	3	0	0.00	9	2	22.22
17	3	0	0.00	7	0	0.00
18	3	0	0.00	5	0	0.00
19	3	0	0.00	7	0	0.00
20	4	0	0.00	6	0	0.00
21	6	0	0.00	6	1	16.67
22	7	1	14.29	7	2	28.57
23	6	0	0.00	7	0	0.00
24	5	0	0.00	5	0	0.00
25	2	0	0.00	4	0	0.00
26	1	0	0.00	2	0	0.00
27	3	0	0.00	3	0	0.00
28	3	1	33.33	4	0	0.00
29	1	0	0.00	0	0	0.00
30	5	1	20.00	3	0	0.00

### Distribución Espacial y Temporal

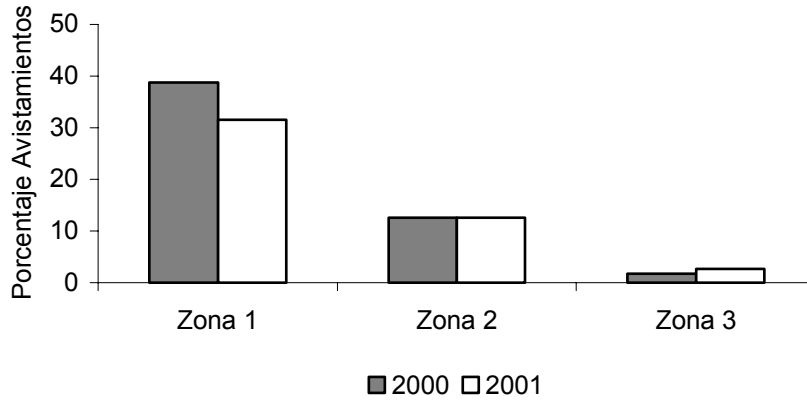
El número total de avistamientos fue similar en los dos años (59 en 2000 y 57 en 2001), en los que se observaron 2238 tursiones. La distribución de estos avistamientos se observa en la figura 5. Es posible notar que durante el año 2000 la mayor parte de los avistamientos se concentraron en la zona interior y media de la bahía, mientras que en 2001 los avistamientos se observaron en la porción interior y se dispersaron mas hacia la porción media y bocas de la bahía.



**Figura 5. Distribución de los avistamientos de tursiones en 2000 y 2001 en la Bahía de La Paz, B.C.S. (división de las zonas como se presentan en el anexo 1).**

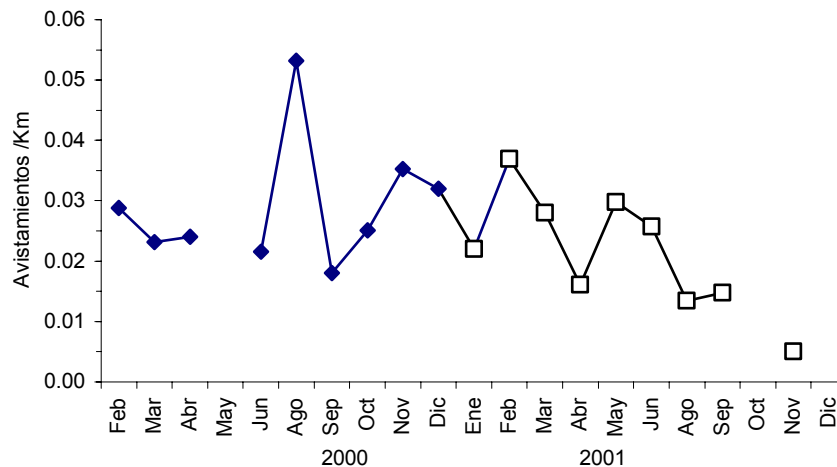
Esto también se puede apreciar en el Tabla 1 en el que es evidente que hay una mayor proporción de cuadrantes con avistamientos de delfines en la Zona 1, seguido por la Zona 2. Es importante señalar que en algunos cuadrantes tanto de la Zona 2 y 3, a pesar de que el esfuerzo es comparable al realizado en los cuadrantes de la Zona 1, no hubo avistamientos de delfines.

Se realizaron un total de 116 avistamientos de tursiones durante el periodo de estudio, la mayor parte de ellos (70.27%) se realizaron en la Zona I, seguido por la Zona II (25.22%), el resto de los avistamientos 4.5% se efectuaron en la Zona III (Fig. 6).



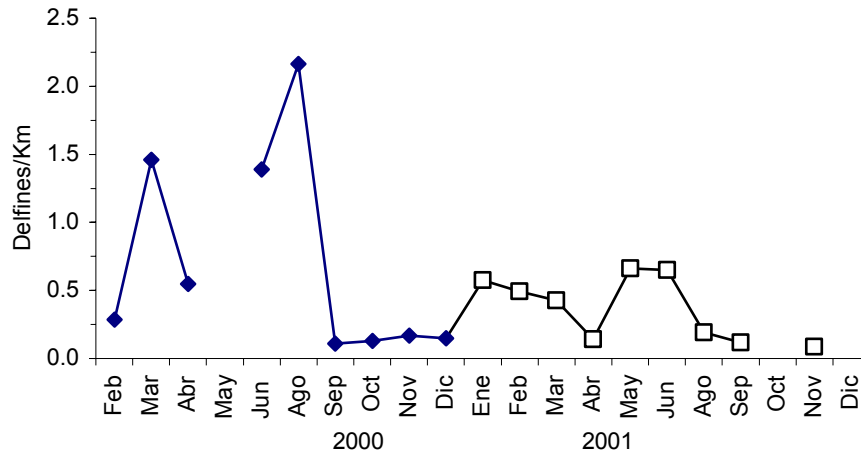
**Figura 6. Porcentaje de avistamientos de tursiones por zona de la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.**

Al analizar los avistamientos de forma global, se puede observar que existe una fuerte variación en el número de avistamientos durante 2000, esta variación no es tan marcada en 2001 (Fig. 7). En ambos años es evidente una reducción en el número de avistamientos hacia finales del verano (de Junio a Agosto en el 2000 y de Mayo a Agosto en el 2001). La diferencia sobresaliente entre estos dos años es que el descenso en el número de avistamientos del 2000 se recupera hacia el otoño, mientras que en el 2001, continúa siendo bajo incluso hasta el inicio del 2002 (datos no presentados en este trabajo debido a que se realizaron bajo condiciones diferentes y con un esfuerzo no comparable). No obstante, estas diferencias no fueron significativas al comparar globalmente los dos años ( $X^2=0.308$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.999$ ).



**Figura 7. Distribución temporal de los avistamientos ponderados de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 (rombos negros) y 2001 (cuadros blancos).**

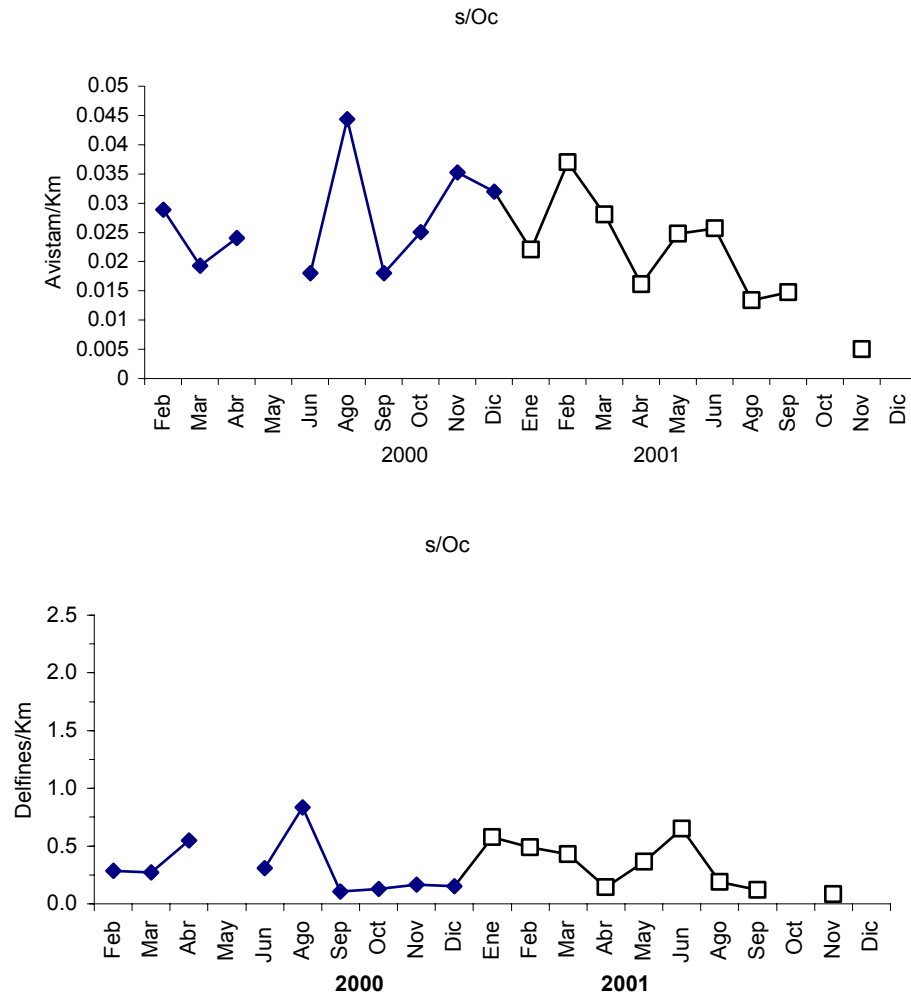
En una comparación similar efectuada con el número de delfines ponderados se obtuvieron diferencias significativas ( $X^2= 25.045$ ,  $df= 6$ ,  $p< 0.0003$ ). En primera instancia es evidente que hay un mayor número relativo de delfines durante el 2000. Por otra parte, el marcado descenso en el número de avistamientos hacia el final del verano es también evidente en el número de delfines. Este descenso se inicia en ambos años después de haberse alcanzado el máximo de delfines observado; sin embargo, en el caso de 2001 este se inicia desde Junio (Fig. 8), es decir un mes antes que en el 2000.



**Figura 8. Distribución temporal de los tursiones ponderados (delfines/Km) observados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.**

Es de importancia hacer notar que, en ambos casos, se observa una tendencia general a la baja tanto en el número ponderado de avistamientos como en delfines entre los dos años. Los máximos observados durante Marzo, Junio y Agosto de 2000, reflejan el ingreso de grupos de delfines posiblemente oceánicos, cuyas agrupaciones son grandes.

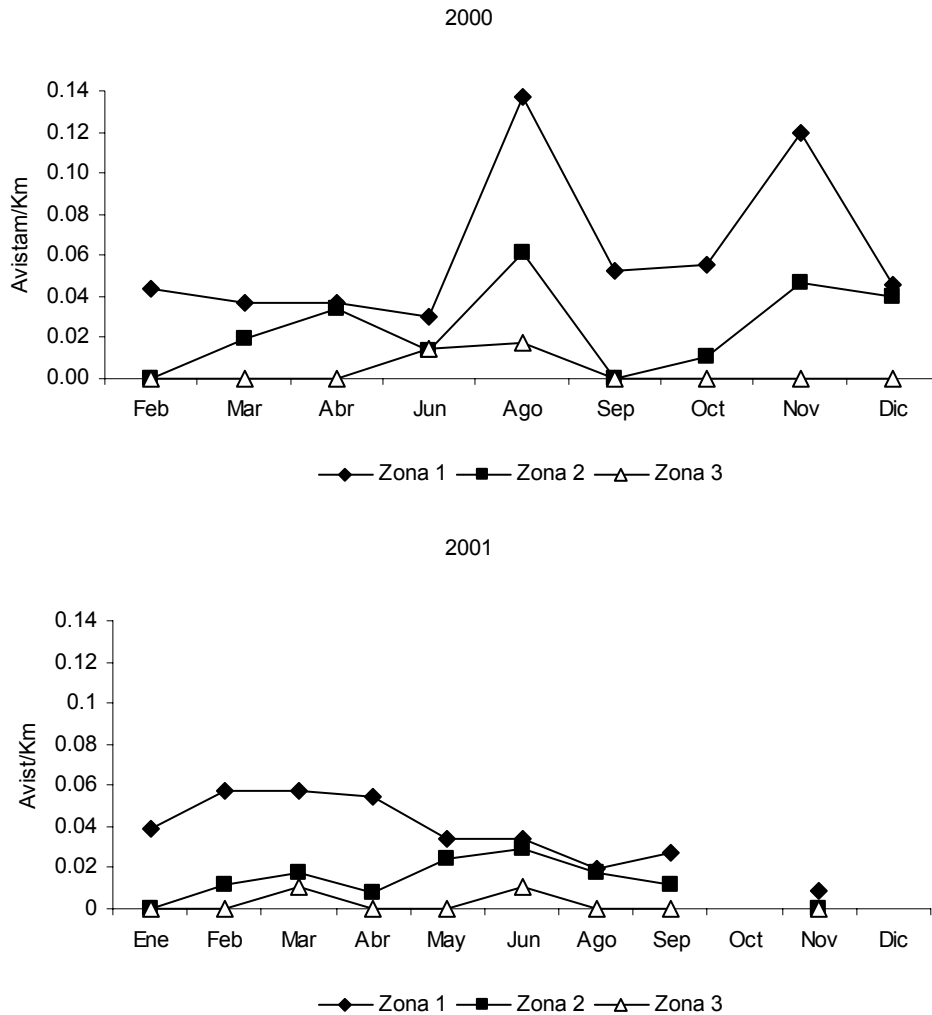
La figura 9 muestra el número de avistamientos y de delfines ponderado una vez que son eliminados los delfines oceánicos, la tendencia general se mantiene muy similar en el caso de los avistamientos, pero en el caso de los delfines prácticamente desaparece la diferencia existente entre 2000 y 2001.



**Figura 9. Distribución temporal de los tursiones ponderados observados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001, excluyendo aquellos de los tursiones oceánicos.**

La distribución espacial y temporal de los avistamientos en la bahía por zonas (Fig. 10) muestra que en ambos años la Zona 1 siempre tuvo una mayor cantidad de avistamientos comparados con las demás zonas. Es también evidente que la cantidad de delfines en esta zona fue similar durante los primeros 6 meses del 2000. Durante el segundo semestre, se aprecian cambios en el patrón, presentándose una mayor cantidad y variación de avistamientos en el 2000; mientras que en el 2001 hay una tendencia decreciente. La Zona 2 sigue un patrón general similar al ya descrito para la Zona 1 pero con valores menores de avistamientos ponderados. Por otra parte, en la Zona 3 no existen suficientes datos para establecer un patrón.



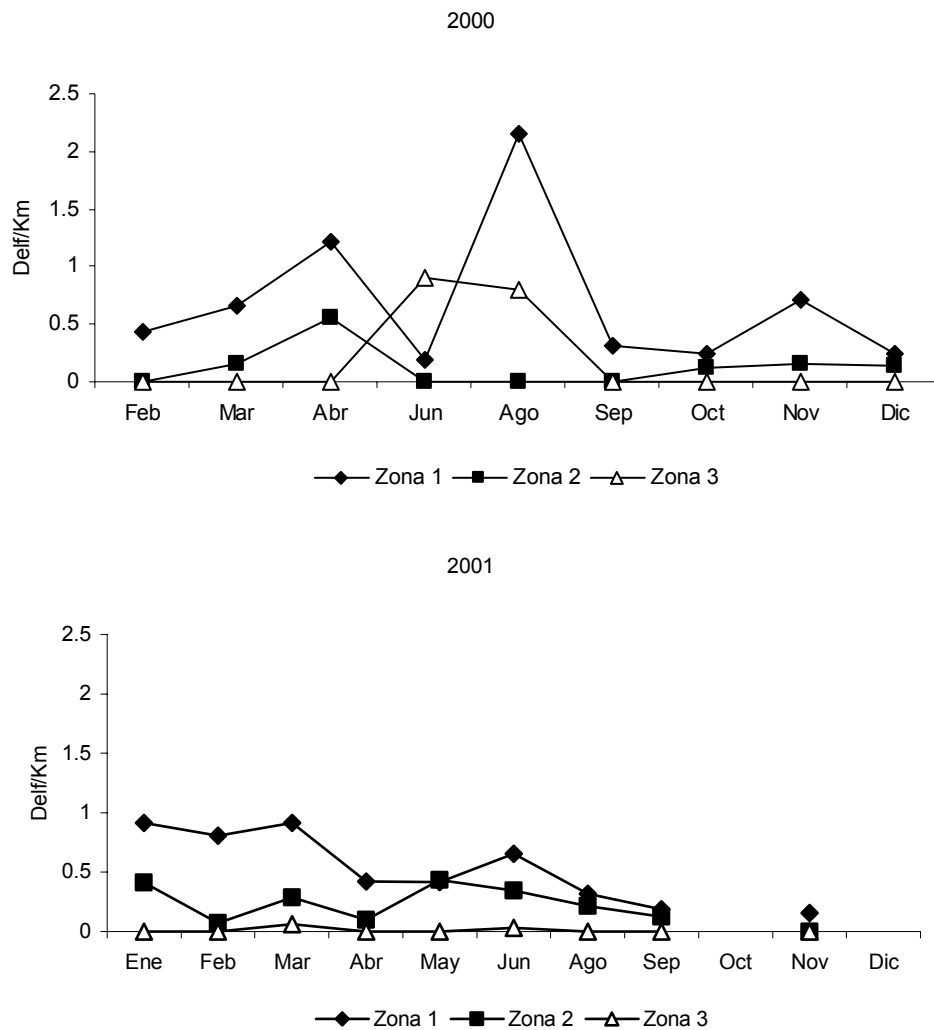


**Figura 10. Distribución espacial y temporal de los avistamientos ponderados de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S.**

El análisis del número de delfines ponderados para los dos años muestra tendencias similares a las observadas en el caso de los avistamientos, pero con magnitudes mayores especialmente durante 2000 en la Zona 1. La tendencia al incremento en el mes de Agosto es evidente, no obstante la eliminación hecha de los tursiones oceánicos observados (Fig. 11). Se observan también dos picos menores en los meses de Abril y Noviembre. En la Zona 2 se observa solo un máximo en Abril similar al observado en la Zona 1; mientras que en la Zona 3 solo se tienen registros en los meses de Junio y Agosto. El análisis de varianza realizado señala que no existen diferencias significativas ni entre zonas ( $F_{(2,129)}=0.34$ ;  $p<0.71$ ), ni entre meses ( $F_{(8,123)}=0.98$ ;  $p<0.45$ ), las gráficas de medias y desviaciones estándar y las pruebas *post hoc* de estas dos comparaciones se presentan en el Anexo III.

Durante el 2001 el número de delfines en las Zonas 1 y 2 presentan una tendencia decreciente, en el caso de la Zona 1 esta se inicia en Marzo y que termina con valores muy bajos en Septiembre, mientras que en la Zona 2 hay un ligero incremento entre Mayo y Junio y posteriormente continúa un

descenso hasta el mes de Septiembre (Fig. 11). No obstante que el análisis de varianza realizado para comparar las zonas durante 2001 señaló que existen diferencias significativas ( $F_{(2,267)}=6.01$ ;  $p<.0028$ ), la prueba *post hoc* de Tukey, señaló diferencias entre la Zona 1 y la Zona 3 ( $p= 0.011$ ), lo cual es posible apreciar en la gráfica de medias y desviaciones estándar y las pruebas *post hoc* de estas dos comparaciones se presentan en el Anexo III. Mientras que el análisis realizado entre meses no mostró diferencias significativas ( $F_{(8,260)}=0.98$ ;  $p<0.45$ ) (Anexo III)



**Figura 11. Distribución espacial (zonas) y temporal (meses y años) del número de delfines ponderados en la Bahía de La Paz, B.C.S., para el 2000 (gráfico superior) y 2001 (gráfico inferior).**

**Relación de las variables ambientales y la distribución de los delfines.**

## a) Temperatura superficial del mar (TSM).

La correlación de los delfines ponderados con la temperatura promedio mensual fue positiva y no significativa para el año 2000 ( $r= 0.049$ ,  $p=0.99$ ) (Fig. 12) (Anexo IV, Tabla IV.1.). Mientras que para el año 2001 esta correlación fue negativa y no significativa aunque el valor de  $p$  se encuentra muy cercano al valor crítico ( $r= -0.60$ ,  $p=0.088$ ) (Fig. 12) (Anexo IV, Tabla IV.1).

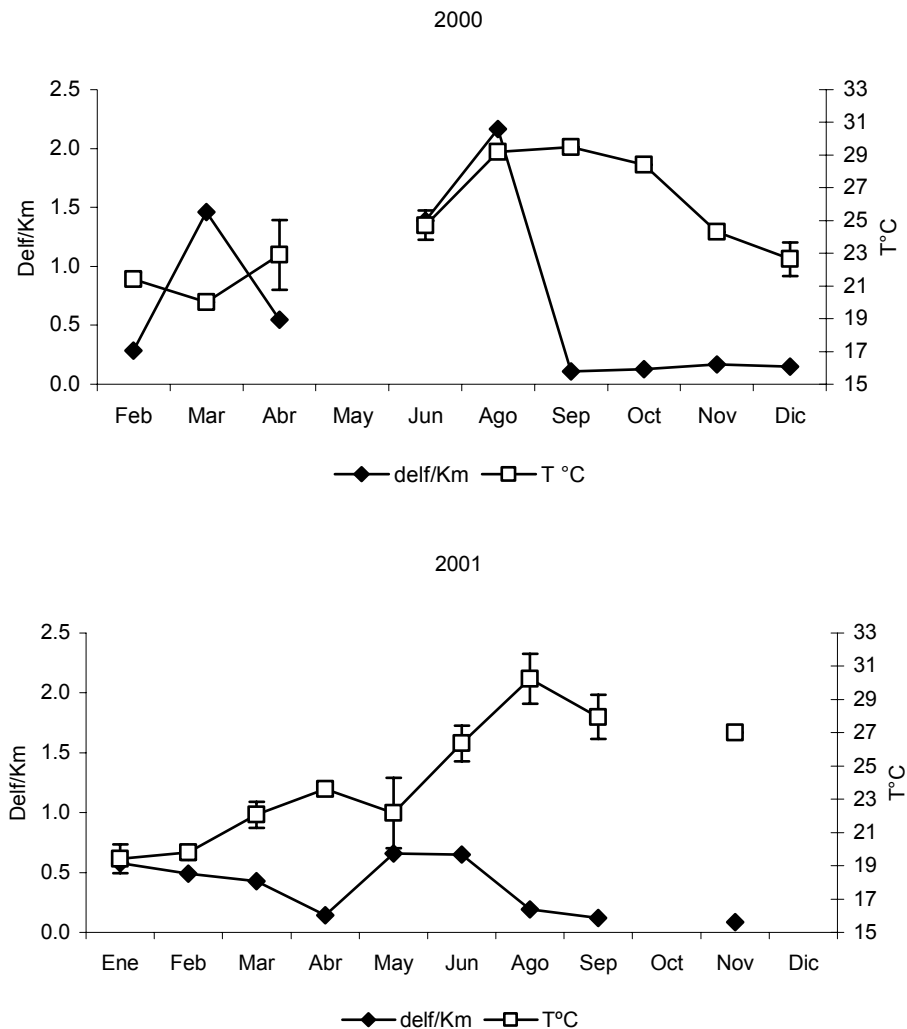


Figura 12. Delfines ponderados y temperatura promedio de la superficie del mar en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001.

En una correlación efectuada en la que se utilizaron cada uno de los avistamientos de manera individual, con los valores puntuales de temperatura, se obtuvo una correlación negativa baja y no significativa para los dos años de estudio 2000 ( $r= -0.082$ ,  $p= 0.552$  y  $r= -0.058$ ,  $p= 0.690$ , respectivamente) (Anexo IV, Tabla IV.2). Como es posible apreciar en la figura 13, durante los dos

años de estudio los avistamientos de tursiones se llevaron al cabo en todo el intervalo de temperatura de la superficie del mar, especialmente aquellas agrupaciones menores a 40 delfines.

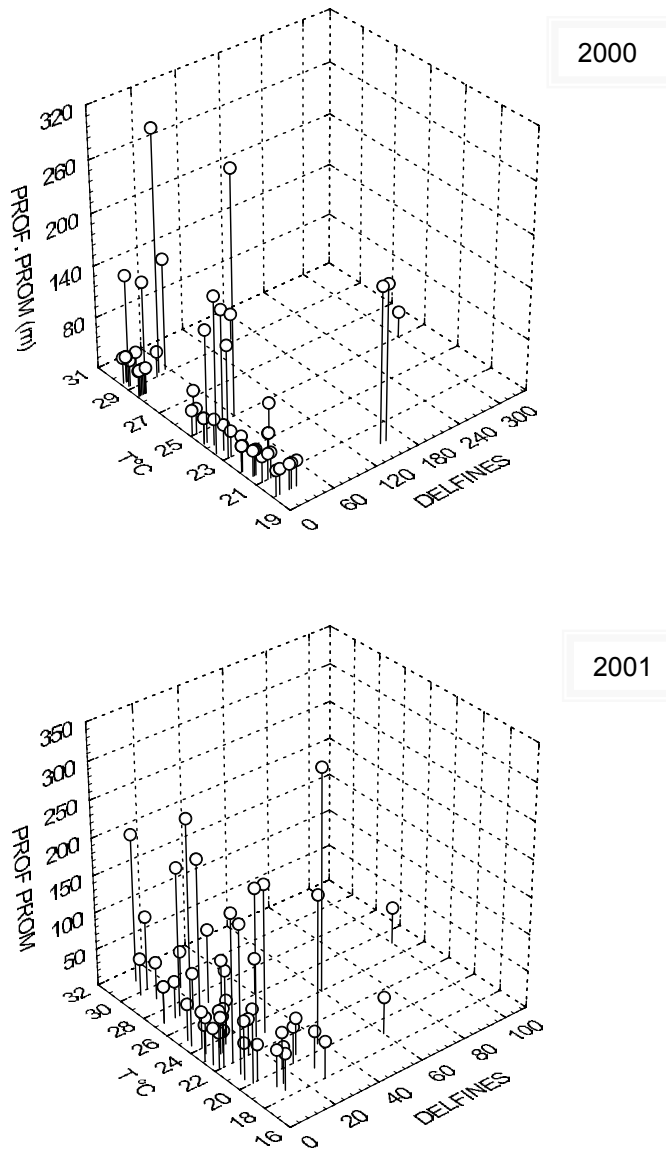


Figura 13. Figura en la que se relacionan las variables número de delfines, temperatura superficial del mar (°C) y profundidad promedio (m) en el sitio del avistamiento de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 2000 y 2001.

## b) Profundidad

La distribución de los avistamientos con respecto a la profundidad presentó patrones distintos en los dos años. Durante el 2000 tuvieron una correlación positiva baja y significativa ( $r = 0.29$ ,  $p = 0.033$ ) (Anexo IV, Tabla IV.2). Como es posible observar en la figura 13, una buena parte de los avistamientos del 2000 se ubicaron en zonas con profundidades promedio de 50 m. Es importante hacer notar que la mayor parte de estos avistamientos tienen un tamaño menor a 40 delfines. Durante ese mismo año, un segundo conglomerado de avistamientos de tursiones se observaron en áreas con una profundidad cercana a los 150 m, cuyo tamaño variaban entre los 40 y 100 animales. Por último, algunos pocos grupos compuestos por más de 100 delfines fueron ubicados principalmente en zonas con profundidades cercanas a los 200 m.

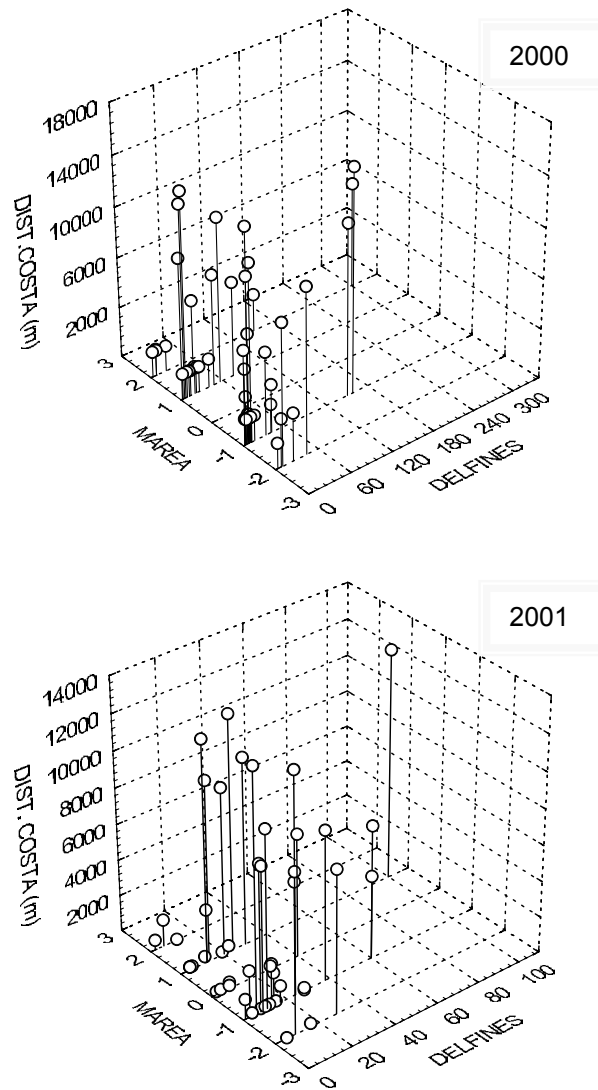
En el año 2001 la distribución de los avistamientos no es muy clara, se observa una relación positiva pero no significativa ( $r = 0.123$ ,  $p = 0.263$ ) (Anexo IV, Tabla IV.2). En este año los grupos menores a 40 delfines (posiblemente costeros) se distribuyen ampliamente en toda la plataforma desde profundidades menores a 50 m hasta los 150 y 200 m (Fig. 13). Este año se observaron pocas agrupaciones de más de 40 delfines y estuvieron en sitios donde la profundidad era de hasta 200 y 250 m.

## c) Marea

Durante el año 2000 los avistamientos de los delfines tuvieron una relación baja directa y significativa con la marea descendente, especialmente en las Zonas 1 y 2 ( $r = 0.272$ ;  $p = 0.046$ ) (Anexo IV, Tabla IV.2) (Fig. 14.), mientras que en el año 2001 esta relación fue baja, negativa y no significativa ( $r = -0.027$ ,  $p = 0.854$ ) (Anexo IV, Tabla IV.2) (Fig. 14).

En la Zona 1 durante el 2000 siempre hubo avistamientos de delfines en todas las condiciones de marea (excepto marea muerta). La mayor parte de los avistamientos se realizaron durante el descenso (29.8%) y ascenso (48.9%) de la marea (Fig. 15). En la Zona 2 fueron también el descenso (66.66%) y el ascenso (25%) los momentos en el que se llevaron al cabo la mayor parte de los avistamientos.

Por otra parte, durante el año 2001 hubo avistamientos en todas las condiciones de marea, especialmente en la Zona 1, donde la mayor parte de los avistamientos (40.5%) se realizaron durante el descenso. En este año también se tuvieron avistamientos durante la marea muerta en la Zona 1. En la Zona 2 se observaron durante el ascenso (46.7%) y descenso (46.7%) de la marea. Mientras que en la Zona 3 el descenso tuvo la mayor parte de los avistamientos (66.7%) y el resto en pleamar. (Fig. 15).



**Figura 14.** Figura en la que se relacionan las variables número de delfines, marea y distancia a la costa en la Bahía de La Paz, B.C.S. (marea muerta “0”, marea ascendente “1”, pleamar “2”, marea descendente “-1” y bajamar “-2”)

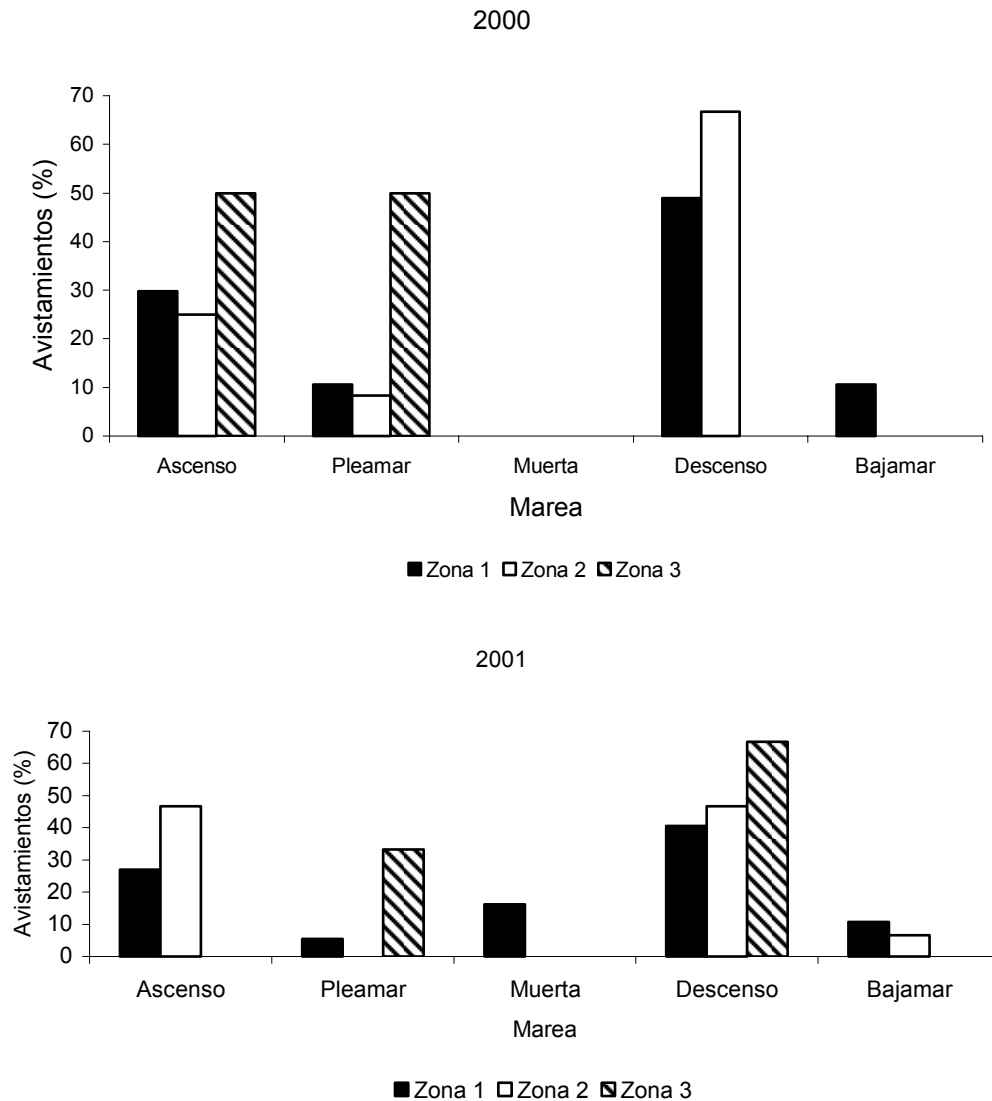
d) Distancia a la costa

La distancia a la costa presentó una relación directa y significativa aunque baja con los avistamientos en el 2000 ( $r = 0.290$ ;  $p = 0.033$ ) (Fig. 14) (Anexo IV, Tabla IV.2). Durante este año la distancia promedio a la costa de los avistamientos en la Zona 1 fue de 1.68 Km. Por otra parte, en la Zona 2 los avistamientos se encontraron en promedio mas lejos de la costa (8.5 Km) que en la Zona 1, lo cual se puede apreciar en la Figura 14. Un segundo conglomerado de avistamientos se presentó mas alejado de la costa y con un tamaño de grupo que va de 40 a 100 delfines. En la zona 3 se observaron tres avistamientos que se encontraron mas allá de los 10 Km a la costa. Estos se



identificaron como delfines oceánicos y el tamaño de estas agrupaciones fue de 150 y 300 delfines (Fig. 14).

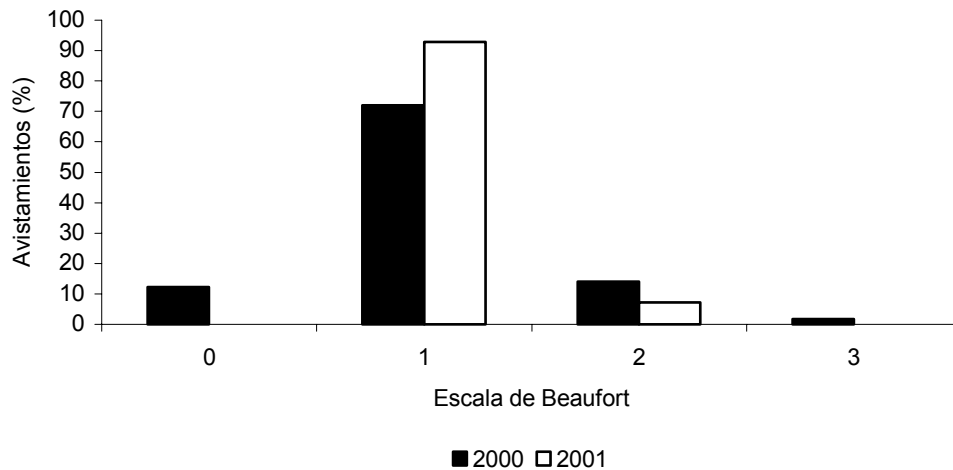
Durante el 2001 la distancia a la costa fue el único parámetro que tuvo una relación significativa con los avistamientos, la cual fue directa y positiva ( $r = 0.424$ ,  $p = 0.002$ ) (Anexo IV, Tabla IV.2). En este año se identificaron dos estratos de avistamientos. El primero, constituido de avistamientos de tamaño pequeño (1 a 20 delfines) que se encontraban generalmente muy cerca de la costa (<2000 m), aunque algunos avistamientos del mismo tamaño se ubicaron lejos de la costa (8 a 10 Km) (Fig. 13). El segundo estrato, pertenece a avistamientos de un tamaño que variaba de 20 a 40 delfines y que se ubicaba entre los 6 y 10 Km de distancia de la costa (Fig. 14).



**Figura 15. Distribución de los avistamientos de tursiones en función de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 2000 y 2001.**

## e) Condición del Mar (Escala de Beaufort)

La condición del Mar, medida en la escala de Beaufort, no presentó ninguna correlación significativa con los avistamientos de los tursiones realizados durante los dos años que duró el estudio en la Bahía de La Paz, B.C.S. (Anexo IV, Tabla IV.2). En el 2000, las condiciones del mar que prevalecieron durante las observaciones variaron desde Beaufort 0 hasta Beaufort 3. La condición que mayormente prevaleció durante los avistamientos de tursiones fue de 1, con el 71.92% de los avistamientos, seguido por el Beaufort 2 con el 14.03% de avistamientos. La condición Beaufort 0 estuvo presente y se realizaron el 12.28%, avistamientos; mientras que solo fue posible realizar un avistamiento en condiciones de mar 3 (Fig. 16). En el año 2001 el 98.85 % de los avistamientos (52) se realizó en condición 1, mientras que sólo el 7.14% de avistamientos se realizaron en condición 2. En este año no se realizaron observaciones ni en condición 0, o en condiciones superiores a 2 (Fig. 16).



**Figura 16. Porcentaje de los avistamientos de tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S., en 2000 y 2001, en relación de la condición del mar (Beaufort)**

## f) Productividad primaria.

Los valores de productividad primaria, medida como miligramos de Clorofila a por metro cúbico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) observada en la Bahía de la Paz, B.C.S., durante los años 2000 y 2001, se presentan en la figura 17. En esta misma gráfica se integraron los datos para los mismos periodos de 1999, con fines comparativos. Como se puede observar no existe un patrón único, al menos en este lapso de tiempo.

Durante 1999, se presentaron valores relativamente altos ( $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) durante enero, febrero y diciembre, a partir de febrero sigue una tendencia a la baja hasta Junio, donde se mantiene baja hasta casi noviembre con valores de alrededor de  $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ , para finalmente elevarse al valor descrito de diciembre (Fig. 17).

Para el año 2000, se observan tres picos en Enero con valores de  $2.5 \text{ mg/m}^3$ , el cual baja abruptamente en Febrero, manteniéndose bajo hasta Abril con valores de  $0.7$  y  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , en mayo se inicia un ascenso para un segundo máximo en Junio con valores cercanos a  $3 \text{ mg/m}^3$  para descender marcadamente al siguiente mes y mantenerse bajo hasta octubre con valores promedio de  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , y de ahí nuevamente inicia un incremento hasta llegar a un tercer pico en diciembre con valor cercano a los  $2 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 17).

El año 2001 tiene un patrón relativamente mas simple, pues se mantiene con valores promedio de  $1.5 \text{ mg/m}^3$  desde Enero hasta Julio, cuando se inicia un marcado descenso en la productividad con valores promedio durante Agosto y Septiembre de  $0.23$  y  $0.3 \text{ mg/m}^3$ , respectivamente. En octubre se observa un despunte mayor que el promedio obtenido en el primer semestre ( $2.07 \text{ mg/m}^3$ ), descendiendo en Noviembre para nuevamente incrementarse en Diciembre (Fig. 17).

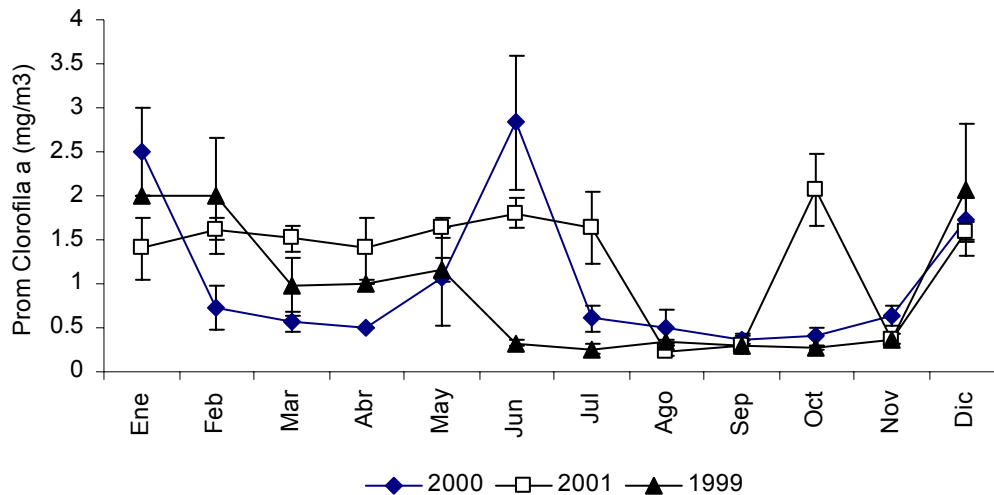
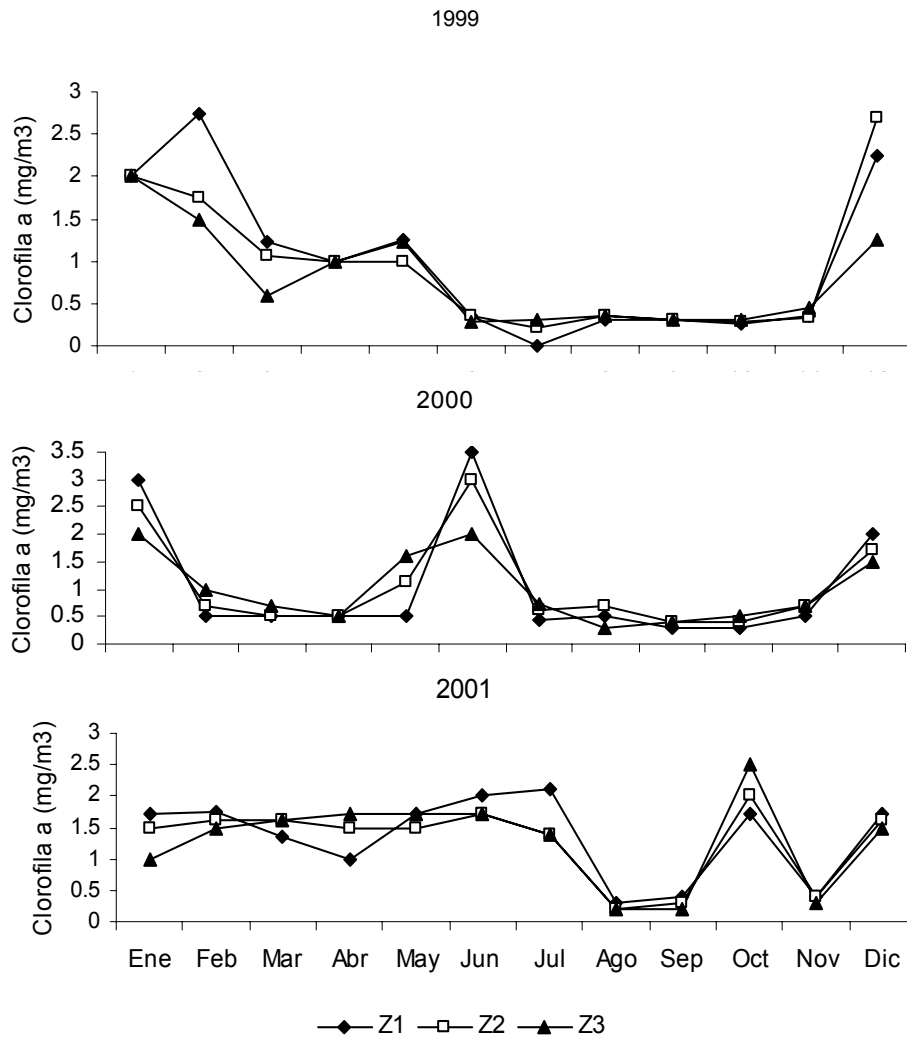


Figura 17. Promedio mensual y error estándar de la productividad primaria ( $\text{mg Clorofila } a / \text{m}^3$ ) en la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 1999, 2000 y 2001. Los promedios se obtuvieron de las lecturas efectuadas en las tres zonas de la bahía, durante la semana en la que se realizó esfuerzo de búsqueda de delfines.



**Figura 18. Valores de productividad primaria (mg clorofila a / m<sup>3</sup>) para cada una de las zonas de la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 1999 (superior), 2000 (media) y 2001 (inferior). Los datos corresponden a la semana en la que se llevó al cabo esfuerzo en el mar durante 2000 y 2001.**

En la figura 18 se presentan los valores de productividad primaria obtenida para cada una de las zonas en las que se dividió la bahía durante los años 1999, 2000 y 2001. Como ya se ha mencionado anteriormente, los valores representan la lectura de la productividad primaria observada en la imagen de satélite correspondiente a la semana en la que se llevó al cabo esfuerzo de observación de delfines en la bahía. Como es posible notar, los patrones que se observan en cada año para las tres zonas son muy similares y corresponden con el anual presentado en la figura anterior.

En 1999, los valores mas altos se presentan en invierno en la Zona I ( $2.75 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*) y en otoño en la Zona 2 ( $2.0 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*). La productividad primaria en este año descendió por debajo de  $0.5 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a* después de junio y se mantuvieron así hasta noviembre de ese año (Fig. 18).

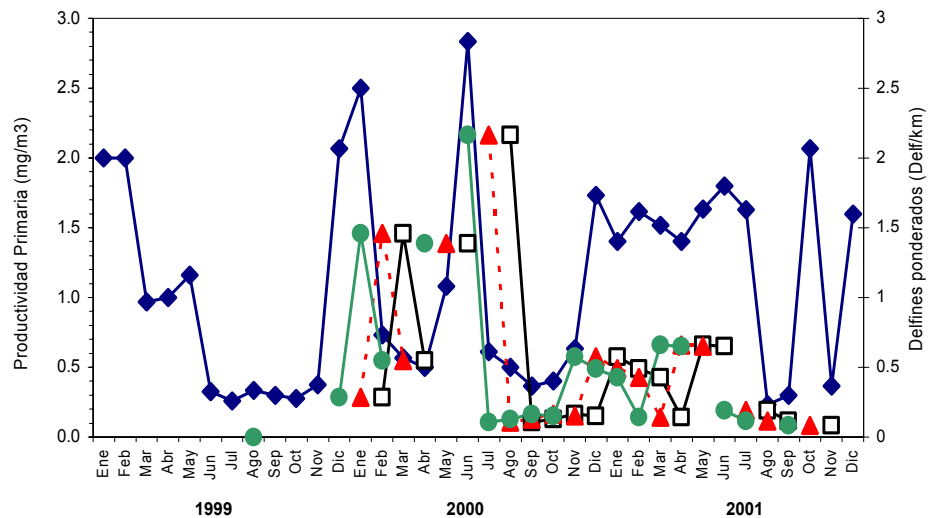
Para el año 2000, se presentaron tres máximos; en invierno ( $3.0 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*), verano ( $3.5 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*) y otoño ( $2.0 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*), en los cuales la Zona I presentó siempre los valores más altos, respecto al resto de las zonas (Fig. 18).

En 2001, se presentaron valores relativamente constantes en las tres zonas desde Enero (invierno) hasta Julio (verano) con valores entre 1 y  $2 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*. Posteriormente se observa un descenso en agosto y septiembre con valores por debajo de  $0.5 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*, para luego tener un repunte en el mes de Octubre con valores entre 2 y  $3 \text{ mg/m}^3$  clorofila *a*, el cual desciende inmediatamente en el mes de Noviembre (Fig. 18).

Se llevó a cabo la correlación entre los valores de delfines ponderados observados en la Bahía de La Paz durante los años 2000 y 2001 en una serie continuada, con los valores de productividad primaria observada en el mismo periodo. Los resultados de esta correlación en el tiempo real señalan que la correlación es negativa y no significativa (Tabla 2). Considerando que existe necesariamente un desplazamiento en el tiempo entre lo que ocurre a nivel de la productividad primaria, con la transferencia de la energía hasta llegar al nivel trófico en el cual se encuentran las presas de los delfines y por tanto la presencia de los delfines, se efectuaron correlaciones desfasando los valores de delfines ponderados un mes hacia atrás por vez, cuyos resultados se presentan en el Tabla 2. La representación gráfica de esto se muestra en la Figura 19, en esta gráfica (al igual que en las correlaciones) se adicionaron los valores del productividad primaria para el año de 1999. Como es posible notar, tanto en el Tabla 2 como en la Figura 19, la única correlación alta, positiva y significativa correspondió al desfasamiento de un mes ( $r = 0.78$ ,  $r^2 = 0.6$ ;  $t = 3.03$ ;  $p = 0.02$ ).

**Tabla 2. Correlaciones de Pearson entre los delfines ponderados y la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S.**

	Mean	D.E.	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N
PP	1.02	0.6					
PP	1.02	0.6	1	1			8
PP	1.02	0.6					
Delf.Pond. tr	0.53	0.69	-0.18	0.03	-0.44	0.67	8
PP	1.02	0.6					
Delf.Pond. t -1	<b>0.27</b>	<b>0.19</b>	<b>0.78</b>	<b>0.6</b>	<b>3.03</b>	<b>0.02</b>	<b>8</b>
PP	1.02	0.6					
Delf.Pond. t-2	0.34	0.22	0.47	0.22	1.3	0.24	8
PP	1.02	0.6					
Delf.Pond. t-3	0.41	0.22	0.36	0.13	0.96	0.38	8



**Figura 19. Relación del número de delfines ponderados (Delf/km) con la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 2000 y 2001 (rombos oscuros = Prod. Prim (mg/m<sup>3</sup>); cuadros claros = Delfines pond. (Delf/Km); triángulos rojos = Delfines pond. (Delf/Km) en t-1; círculos verdes = Delfines pond. (Delf/Km) en t-2).**

Lo anterior podría estar indicando que existe aproximadamente un mes de desfase entre los eventos de incremento en la productividad y de la presencia de tursiones en la Bahía de La Paz, por lo menos durante los años de 2000 y 2001.

**Caracterización de la bahía y distribución de los avistamientos.**

En el análisis de discriminantes efectuados para el 2000, se obtuvo una Lambda Wilks general para el modelo de 0.0918;  $F_{(30,26)}=1.992$ ;  $p<0.039$ , y una clasificación general de los cuadrantes del 93.3%. En esta prueba solo hubo dos cuadrantes que fueron mal clasificados, uno de la Zona 1 incluido en la Zona 3 y otro de la Zona 2 que clasificó también en la Zona 3 (Tabla 3).

**Tabla 3. Matriz de clasificación para los cuadrantes de la Bahía de La Paz en el año 2000.**

	% Clasificación Correcta	Grupo. 1	Grupo 2	Grupo 3
Grupo 1	87.5	7	0	1
Grupo 2	88.8	0	8	1
Grupo 3	100	0	0	13
Total	93.33	7	8	15

Los Coeficientes canónicos estandarizados (Anexo V. Tabla V.1.) señalan que las variables con mayor peso en el análisis fueron la Abundancia Relativa de Noviembre, Abundancia Relativa de





Septiembre, Abundancia Relativa de Diciembre, la Temperatura Superficial del Mar en Febrero, la Temperatura Superficial del Mar en Junio y Abundancia Relativa de Agosto.

El análisis de componentes principales se llevó al cabo para los dos años de observaciones. Se construyó una matriz con 28 variables que incluía, para cada cuadrante, la profundidad, índice de abundancia relativa mensual, la productividad primaria mensual (clorofila a  $\text{mg/m}^3$ ) y la temperatura de la superficie del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ). En un primer paso se buscaba caracterizar a los cuadrantes y corroborar la agrupación inicial de los mismos en zonas de la bahía. El resultado de este análisis para el año de 2000 indicó, por medio de los eigenvalores calculados, que los primeros tres factores fueron los más importantes explicando una varianza acumulada del 55.46% (Tabla 4)

Al graficar los cuadrantes en el metaespacio de las variables, considerando los primeros dos componentes, se obtuvo una distribución con una estructura clara, en la que se formaron tres cúmulos de puntos (Fig. 20), los cuales eran diferenciados principalmente por el primer factor, el cual explica el 33.56% de la varianza, mientras que el segundo factor explica el 11.13%.

**Tabla 4. Eigenvalores del análisis de Componentes principales y la varianza explicada acumulada para el año 2000.**

	Eigenval	Varianza	Eigenval	Acumul. %
1	7.720	33.56	7.72	<b>33.56</b>
2	2.560	11.13	10.28	<b>44.69</b>
3	2.477	10.77	12.75	<b>55.46</b>
4	1.613	7.01	14.37	62.48
5	1.504	6.54	15.87	69.02
6	1.390	6.04	17.26	75.06

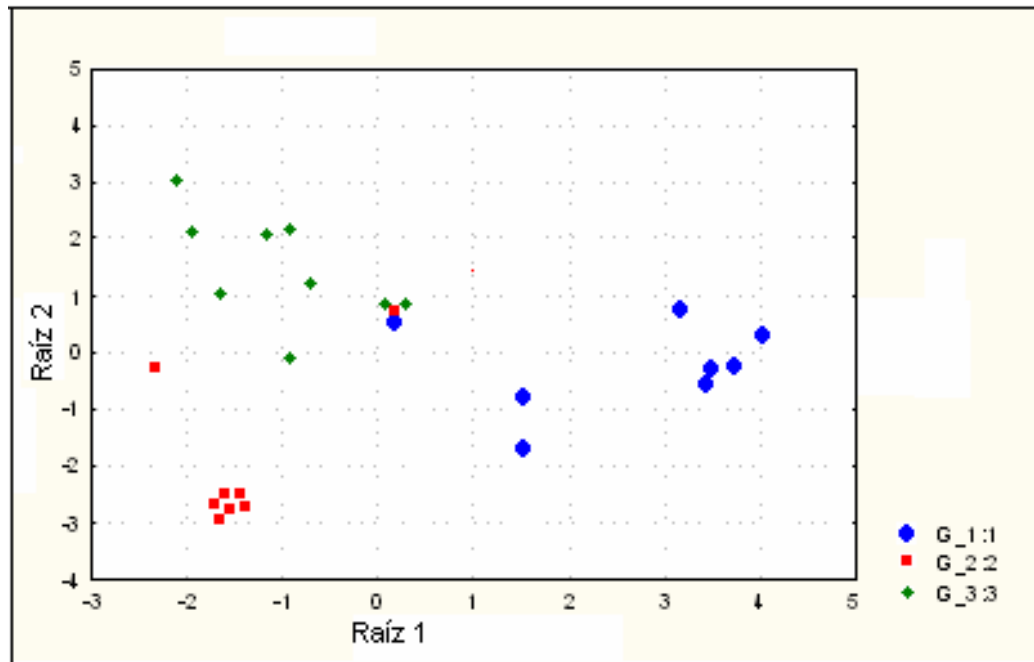
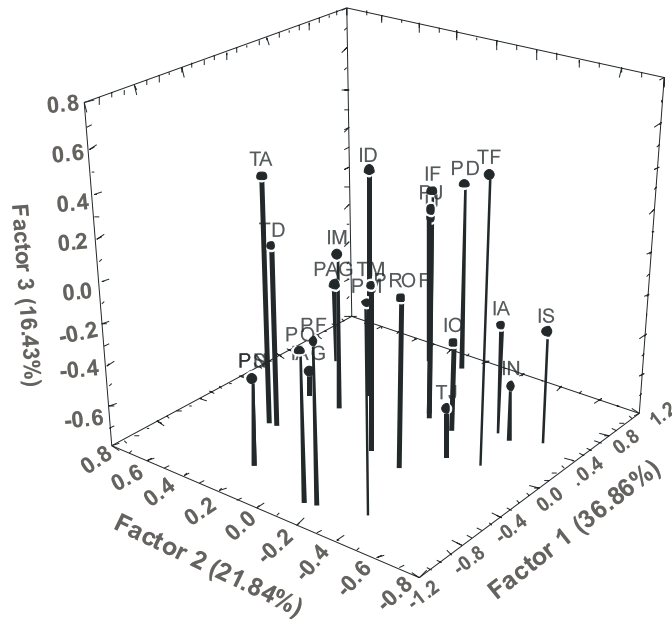


Figura 20. Figura de los cuadrantes en función de los primeros dos componentes para el año 2000 (extremo derecho cuadrantes de la Zona 1; izquierda abajo, cuadrantes de la Zona 2 y extremo izquierdo arriba cuadrantes de la Zona 3.

Se identificó a cada uno de los cuadrantes con el fin de determinar la forma en la que estos fueron agrupados, lo cual permitió ver claramente que existía una correspondencia con la zonificación establecida *a priori* en la bahía. El primer conglomerado de puntos, de derecha a izquierda, corresponde a los cuadrantes de la Zona 1, los que se observan en la porción inferior izquierda corresponde a los cuadrantes de la Zona 2, mientras que los pertenecientes a la Zona 3 fueron ubicados en el extremo superior izquierdo de la gráfica. Los dos avistamientos que fueron clasificados erróneamente se encuentran mezclados cercanos a las coordenadas 0 del factor 1 y coordenada 1 del factor 2, y corresponden a los cuadrantes 4 y 9 de la Zona 1 y 2, respectivamente. Estos son cuadrantes poco visitados y en los que no se realizaron avistamientos de delfines, por lo que fueron asociados con los cuadrantes de la Zona 3.

Al graficar los tres componentes principales se observa la distribución de las variables consideradas (Fig. 21). Sin embargo, las variables incluidas en el tercer componente tienen poco peso ya que explican solo el 10.7% de la varianza.



**Figura 21. Distribución de las variables al considerar los tres primeros factores para los cuadrantes en los que se observaron tursiones durante el año 2000.**

En un segundo análisis de discriminantes se introdujeron los datos propios de cada avistamiento realizado en el 2000, con el fin de conocer la forma en la que se relacionaban y se agrupaban. Se emplearon las variables de estación del año, número de individuos, cuadrante, profundidad, marea, Temperatura de la superficie del mar, Beaufort y la distancia a la costa. Se obtuvo una Lambda de Wilks de 0.048 ( $F_{(12,92)} = 27.13, p < 0.001$ ). El porcentaje de clasificación general en este análisis fue del 98.18% (Tabla 5). En esta prueba, uno de los avistamientos efectuados en la Zona 1 fue clasificado por el modelo como perteneciente a la Zona 2 (Tabla 5).

En el Tabla 6 se presentan las distancias entre los grupos de avistamientos del año 2000, como distancias de Mahalanobis y valores de probabilidad, ambos valores señalan diferencias significativas entre las tres agrupaciones de avistamientos. Lo cual se observa de forma gráfica en la figura 22. La agrupación del extremo izquierdo contiene los avistamientos realizados en la Zona 1. La agrupación del centro representa a los avistamientos de la Zona 2 (excepto uno que se clasificó en la Zona 1, representado en la figura como un rombo vacío) y por último en el extremo derecho y dispersos en el sentido de la raíz dos se encuentran los avistamientos de la Zona 3.

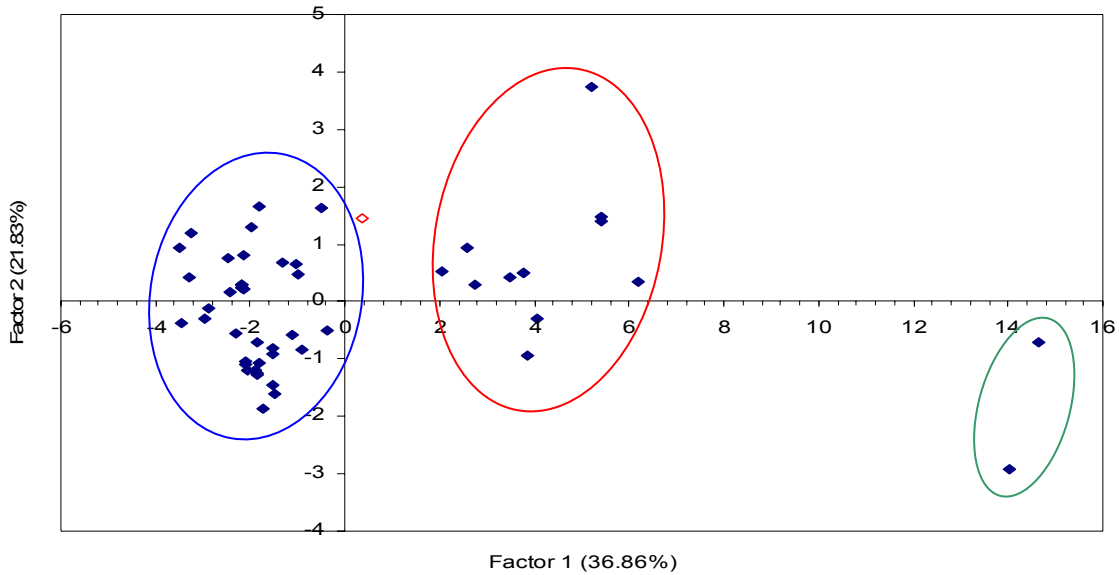
**Tabla 5. Matriz de clasificación de los avistamientos efectuados en la Bahía de La Paz, B.C.S., en el año 2000.**



	Porcentaje Correcto	1 $p=0.73$	2 $p=0.23$	3 $p=0.03$
1	100	40	0	0
2	92.3	1	12	0
3	100	0	0	2
Total	98.18	41	12	2

**Tabla 6. Distancias de Mahalanobis (parte superior de la tabla) y valores de p (parte inferior de la tabla, para los avistamientos de la Bahía de La Paz, B.C.S., en el 2000**

	1	2	3
1	---	36.01	285.08
2	2.05E-18	---	125.62
3	5.28E-17	2.14E-10	---



**Figura 22. Agrupación de los avistamientos de tursiones realizados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante el año 2000 (Extremo izquierdo Zona 1; centro Zona 2; derecha Zona 3).**

El análisis de componentes principales realizado para los avistamientos del 2000 (Anexo V. Tabla V.2.) señala que las variables con mayor peso en el análisis fueron el Cuadrante, la Profundidad media, y el Beaufort. Este análisis también muestra que los tres primeros factores explican el 75.13% de la varianza acumulada (Tabla 7).

**Tabla 7. Eigenvalores del análisis de Componentes principales y la varianza explicada acumulada para los avistamientos del año 2000.**

	<b>Eigenval</b>	<b>% total Varianza</b>	<b>Acumul. Eigenval</b>	<b>Acumul. %</b>
<b>1</b>	2.9491	36.86	2.9491	36.86
<b>2</b>	1.7468	21.84	4.6959	58.70
<b>3</b>	1.3146	16.43	6.0105	75.13

En el caso del 2001 en el análisis de Discriminantes efectuado para los cuadrantes de la bahía, se obtuvo una Lambda de Wilks general para el modelo de 0.0007. ( $F_{(32,24)}=26.967$   $p < 0.001$ ), y una clasificación general del 100% (Tabla 8)

**Tabla 8. Matriz de clasificación para los cuadrantes de la Bahía de La Paz en el año 2001.**

	<b>% Clasificación Correcta</b>	<b>Grupo 1 p=0.26</b>	<b>Grupo 2 p=0.30</b>	<b>Grupo 3 p=0.43</b>
<b>Grupo 1</b>	100	8	0	0
<b>Grupo 2</b>	100	0	9	0
<b>Grupo 3</b>	100	0	0	13
<b>Total</b>	100	8	9	13

Los Coeficientes Canónicos Estandarizados para este año (Anexo V. Tabla V.3) señalan a La Productividad Primaria de Enero, la Temperatura superficial del Mar, Índice de Abundancia Relativa de Abril, Índice de Abundancia Relativa de Noviembre, la Temperatura Superficial del Mar de Enero, y el Índice de Abundancia Relativa de Enero como las variables con el mayor peso en el análisis.

El resultado del análisis de componentes principales para el año de 2001 mostró, por medio de los eigenvalores calculados, que los primeros tres factores explicaron una varianza acumulada del 56.65% (Tabla 9).

La distribución de los cuadrantes al graficar los dos primeros factores muestra una estructura similar a la observada en el año 2000 (Fig. 23), en la que se puede apreciar que la agrupación de cuadrantes del extremo derecho corresponde a la Zona 1. La agrupación de los cuadrantes ubicada en la porción superior izquierda está constituida por los cuadrantes de la Zona 2. La última agrupación de cuadrantes correspondiente a la Zona 3 se ubica en la porción inferior izquierda.

**Tabla 9. Eigenvalores del análisis de Componentes principales para el año 2001**

	<b>Eigenval</b>	<b>% total Varianza</b>	<b>Acumul. Eigenval</b>	<b>Acumul. %</b>
<b>1</b>	10.2214	34.07	10.22	34.07
<b>2</b>	4.04334	13.47	14.26	47.55
<b>3</b>	3.34908	11.16	17.61	58.71
<b>4</b>	2.87623	9.58	20.49	68.3
<b>5</b>	1.59372	5.31	22.08	73.61
<b>6</b>	1.39495	4.64	23.48	78.26

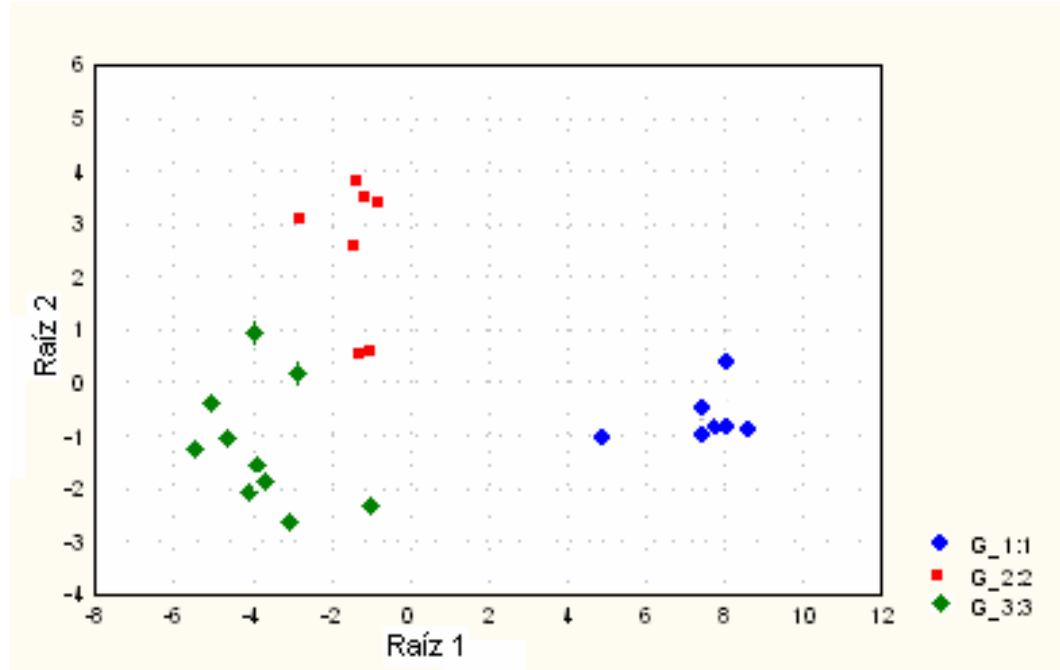


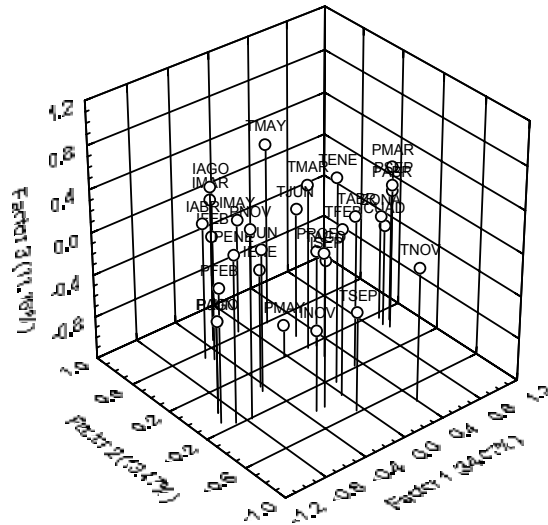
Figura 23. Grafica de los cuadrantes en función de los primeros dos componentes para el año 2001. (Extremo derecho cuadrantes de la Zona 1; izquierda arriba cuadrantes de la Zona 2; extremo izquierdo abajo cuadrantes de la Zona 3).

En la figura 24 se muestra la distribución de las variables consideradas en el análisis de componentes principales de acuerdo a los tres primeros factores. En este año, a diferencia de lo observado en el 2000 las variables que clasifican a los cuadrantes en las distintas zonas de la bahía, son una mezcla tanto de productividad primaria como de índices de abundancia y temperatura superficial del mar. La mayoría de las variables se distribuyen de forma difusa en los tres ejes.

En el análisis de discriminantes efectuado para los avistamientos del año 2001 se obtuvo una Lambda de Wilks de 0.03024 ( $F_{(14,84)}=28.502$   $p < 0.001$ ). El porcentaje de clasificación correcta para los avistamientos de este año fue del 100% (Tabla 10).

Tabla 10. Matriz de clasificación de los avistamientos efectuados en la Bahía de La Paz, B.C.S. en el año 2001.

	% Clasificación Correcto	Grupo 1 p=0.64	Grupo 2 p=0.29	Grupo 3 p=0.05
Grupo 1	100	33	0	0
Grupo 2	100	0	15	0
Grupo 3	100	0	0	3
<b>Total</b>	100	33	15	3



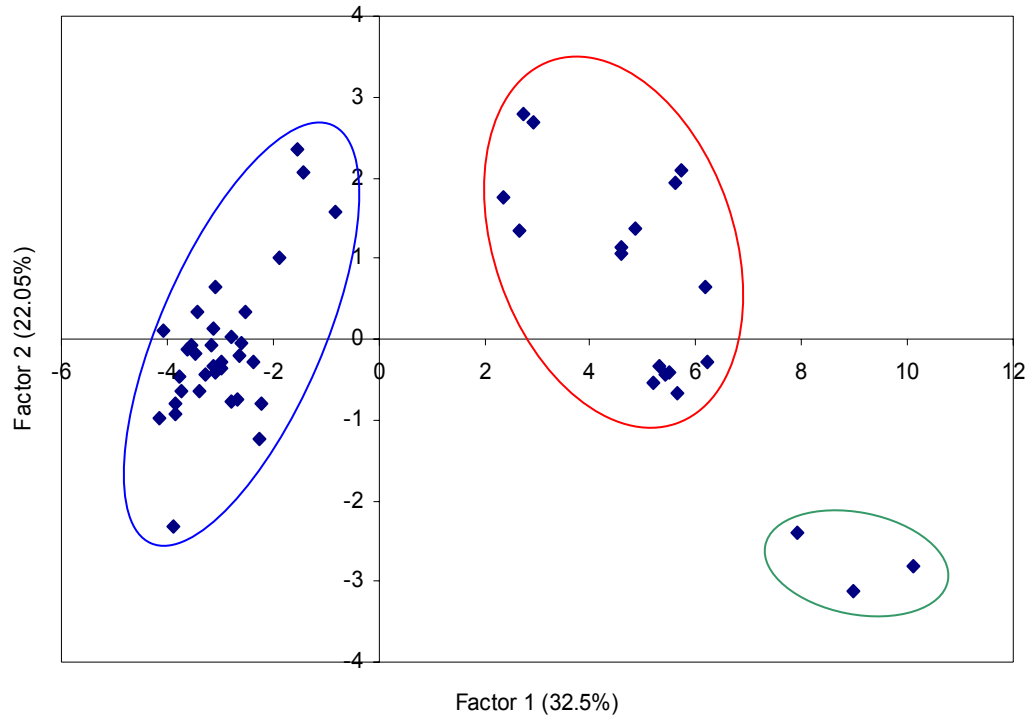
**Figura 24. Distribución de las variables al considerar los tres primeros factores para los cuadrantes en los que se observaron tursiones durante el año 2001.**

Las distancias entre los grupos de avistamientos formados, representadas por los valores de probabilidad y las distancias de Mahalanobis (Tabla 11) indican diferencias significativas, lo cual se aprecia en la figura 25.

Las variables con mayor peso en el análisis de componentes principales realizado para los avistamientos del 2001 (Anexo V. Tabla V.4.) fueron el cuadrante, profundidad media, temperatura superficial del mar y la distancia a la costa. Este análisis también muestra por medio de los eigenvalores que los tres primeros factores explican el 68.82% de la varianza acumulada (Tabla 12).

**Tabla 11. Distancias de Mahalanobis (parte superior de la Tabla) y valores de p (parte inferior de la Tabla, para los avistamientos de la Bahía de La Paz, B.C.S., en el 2001**

	1	2	3
1		64.04	159.8
2	5E-22		33.55
3	4E-16	9E-06	



**Figura 25. Agrupación de los avistamientos de tursiones realizados en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante el año 2001. (Extremo izquierdo Zona 1; centro Zona 2; extremo derecho Zona 3)**

**Tabla 12. Eigenvalores del análisis de Componentes principales y la varianza explicada acumulada para los avistamientos del año 2001.**

	Eigenval	% total Varianza	Acumul. Eigenval	Acumul. %
1	2.9257546	32.508385	2.92575	32.50
2	1.984852	22.053911	4.91061	54.56
3	1.2836131	14.262368	6.19422	68.82



## Agrupaciones de tursiones en la Bahía de La Paz.

A partir de la fotoidentificación (FID), la ubicación de los avistamientos y la caracterización morfológica de algunos de los delfines, se diferenciaron cuatro agrupaciones de tursiones que se pueden observar de forma temporal o permanente en la Bahía de La Paz (Tabla 13, Fig. 26).

La agrupación que mejor se ha reconocido es la que habita durante todo el año en la Ensenada de La Paz y las aguas aledañas a está, se les conoce como los “delfines de la Ensenada”. Esta agrupación está formada por al menos 65 delfines reconocidos individualmente y que han sido vistos en dos o más ocasiones en la zona, de los cuales 31 se han identificado como hembras hasta el momento. Los datos de campo y la fotoidentificación señalan que durante los avistamientos se han observado a otros 60 delfines en la zona pero que solo se han visto en una ocasión por lo que no se les ha considerado aún constituyentes de la agrupación de la Ensenada.

Una segunda agrupación conocida como los “delfines de San Juan de la Costa” está conformada por 38 tursiones, siendo al menos tres de ellos hembras que han sido ubicados en la cercanía de esta localidad, del resto de los delfines se desconoce el sexo debido a las dificultades para reconocerlo en el campo. Esta agrupación comparte dos delfines que provienen de la Ensenada y uno más probablemente oceánico.

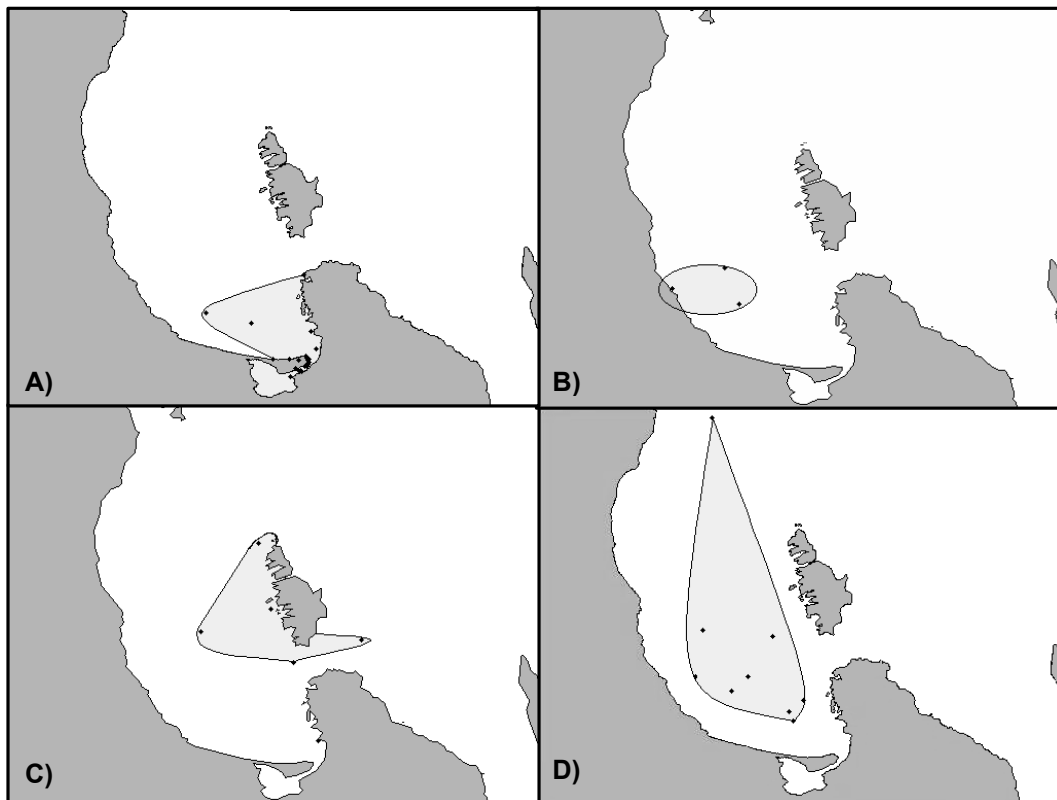
La tercera agrupación observada en la bahía pertenece a delfines considerados como “Oceánicos”. Este grupo posiblemente este conformado por varias agrupaciones que se presentan en la bahía en distintos tiempos, sin embargo hasta el momento la fotoidentificación no ha permitido discriminar este aspecto ya que se les ha visto esporádicamente. Se han diferenciado a 91 tursiones, 11 de ellos reconocidos como hembras. Es de importancia hacer mención que con esta agrupación se han observado mezclados de forma temporal a 15 delfines, cuyo origen en su mayoría provienen de la agrupación de la Ensenada.

Por último, una cuarta agregación de tursiones se ha localizado en la región de la Isla de Espíritu Santo, la composición de este grupo aún no es clara ya que parecer estar conformado por delfines tanto de la Ensenada como de Oceánicos. Hasta el momento se han identificado 44 delfines, siete de ellos reconocidos como hembras.

El total de delfines identificados para cada agregación, así como aquellos considerados como hembras se presentan en el Tabla 13. Se puede notar que en la agrupación de la Ensenada existe un porcentaje de hembras mayor que en cualquiera de las agrupaciones, especialmente respecto a los delfines oceánicos, no obstante el número de animales es similar. Las agrupaciones de San Juan de la Costa (SJC) y de la Isla Espíritu Santo (IES), como se ha mencionado son pequeñas y aún no muy bien definidas, por lo que los porcentajes hasta ahora presentados pudieran cambiar en el futuro.

**Tabla 13. Número de delfines y de hembras fotoidentificadas en cada una de las agrupaciones diferenciadas en la Bahía de La Paz durante los años 2000 y 2001.**

	ENSENADA	SN. JUAN DE LA COSTA	ISLA ESPÍRITU SANTO	OCEÁNICO	
Total delfines FID	65	38	44	91	238
Hembras FID	31	3	7	11	52
% de Hembras FID	47.7	7.9	15.9	12.1	21.8



**Figura 26. Distribución aproximada de las agregaciones de tursiones identificadas en la Bahía de La Paz, B.C.S. El área sombreada fue delimitada por los avistamientos más distantes de cada agrupación. A) Grupo de Ensenada de La Paz; B) Grupo de San Juan de La Costa; C) Grupo de Isla Espíritu Santo; y D) Grupo de tursiones “oceánicos”.**

Los datos de fotoidentificación junto con la distribución de los avistamientos de para cada agrupación permitieron definir el área comúnmente ocupada por cada una de las agrupaciones reconocidas. Como es posible apreciar, existen áreas en las que se sobrepone la distribución de al menos dos de estas cuatro agrupaciones. Cabe señalar, que el grupo de delfines considerado como oceánico ha causado mayor interés en esta investigación debido a que comparte áreas de alimentación de los delfines residentes de la bahía.

La diferencia en las proporciones de hembras identificadas en la agrupación de la Ensenada y del grupo oceánico, hace suponer que debe de existir diferencias importantes en la composición y estructura social de los mismos.

## Abundancia

### a) Abundancia relativa y su variación en el tiempo.

La abundancia de tursiones en la Bahía de La Paz, hasta el momento se ha evaluado a través de Índices relativos como los avistamientos por kilómetro recorrido durante la búsqueda de delfines, o como el número de delfines por kilómetro recorrido. Estos dos indicadores se presentan en la figura 27, debido a las diferencias de magnitud entre estos dos indicadores se usaron dos ejes para visualizarlos en un solo gráfico. De la misma forma se hizo continua la línea para los dos años a fin de esquematizar posibles tendencias y diferencia entre los dos años. Se presentan un primer gráfico incluyendo los avistamientos de los delfines oceánicos, mientras que en la segunda se eliminaron para visualizar el patrón de abundancia relativa de los delfines de la bahía sin la influencia de los oceánicos.

Al eliminar los delfines oceánicos se observa una disminución en el número de delfines y de avistamientos en los meses de Marzo, Junio y Agosto del 2000 y en Mayo del 2001. Esta disminución es apreciable aunque no afecta demasiado el patrón observado dado que son pocos los avistamientos de delfines oceánicos.

Los valores de delfines por Km promedio para el año 2000 fue de 0.31 delfines/Km, el máximo observado (0.83 delfines/Km) se presentó agosto, mientras que el mínimo (0.11) se obtuvo en septiembre a partir de este mes los valores se mantuvieron bajos durante el resto del año. En el 2001 el promedio fue de 0.34 delfines/Km, el máximo se ubicó en junio (0.65 delfines/Km) y el mínimo se alcanzó en noviembre (0.09 delfines/Km).

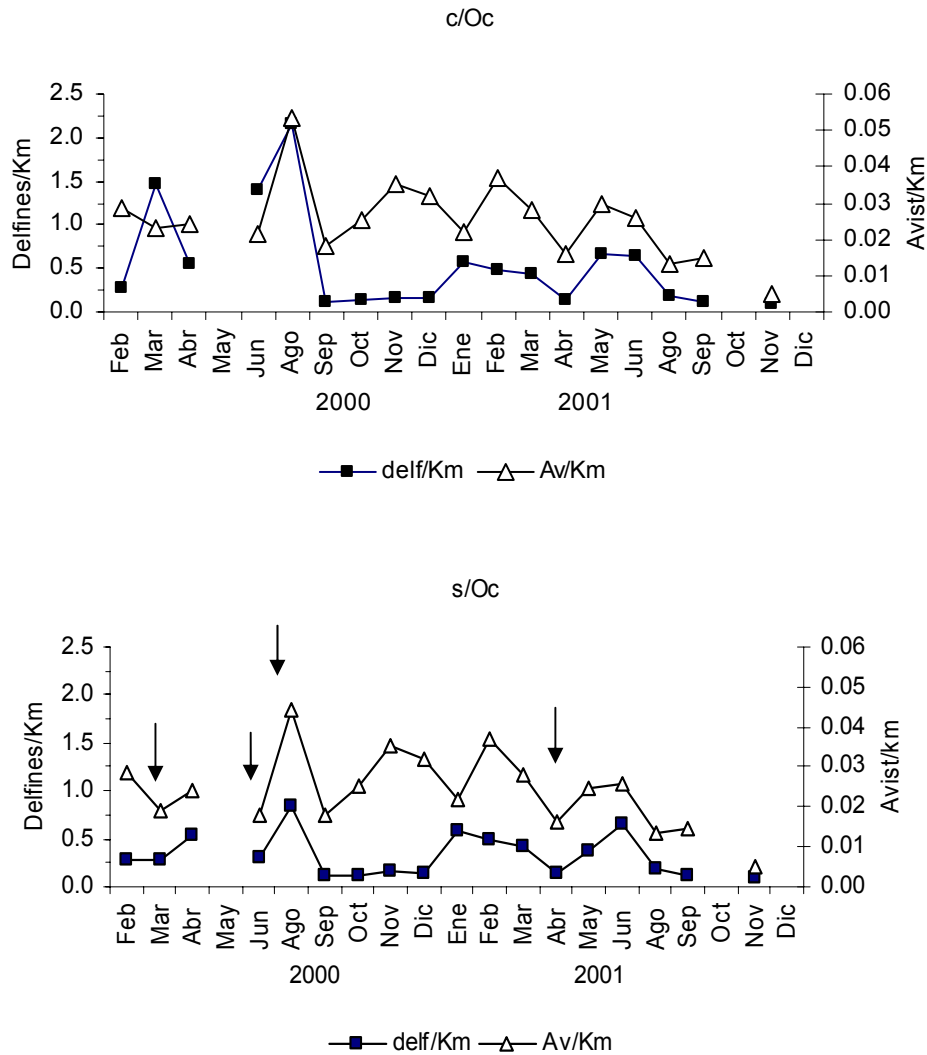
Como ya se ha indicado anteriormente en estos dos indicadores se observa una fuerte disminución hacia el final del verano. El número de animales se mantiene bajo en los meses subsecuentes, no obstante el incremento en el número de avistamientos en Otoño del 2000, lo cual indica que las agrupaciones son de menor tamaño, esto se puede comprobar al observar el tamaño promedio de las agrupaciones de delfines entre los dos años y entre las dos formas de delfines (Tabla 14 y 15). En el caso del 2001, después de septiembre-octubre, tanto el número de delfines como de avistamientos se mantuvo bajo, incluso hasta el inicio de 2002 (obs. pers.).

**Tabla 14. Tamaño promedio de las agrupaciones de tursiones durante 2000 y 2001 en la Bahía de La Paz.**

	<b>Costeros</b>	<b>Oceánicos</b>
2000	13.7+/-14.2	132+/-89.2
2001	13.5+/-11.9	115.7+/-83.4

**Tabla 15. Tamaño promedio estacional y desviaciones estándar (DE) de las agrupaciones de tursiones durante 2000 y 2001 en la Bahía de La Paz. Se presentan los datos incluyendo todos los avistamientos (global) y excluyendo los tursiones oceánicos (s/oc).**

	2000 (global)		2000 (s/oc)		2001 (global)		2001 (s/oc)	
	Prom	D.E.	Prom	D.E.	Prom	D.E.	Prom	D.E.
INV	36.5	53.3	15.2	12.1	19.6	14.4	19.6	14.4
PRIM	54.8	84.4	30.3	23.9	13.3	13.2	11.0	8.0
VER	32.4	43.3	20.6	19.7	20.4	25.7	20.4	25.7
OTO	7.3	4.2	7.3	4.2	9.8	4.8	9.8	4.8

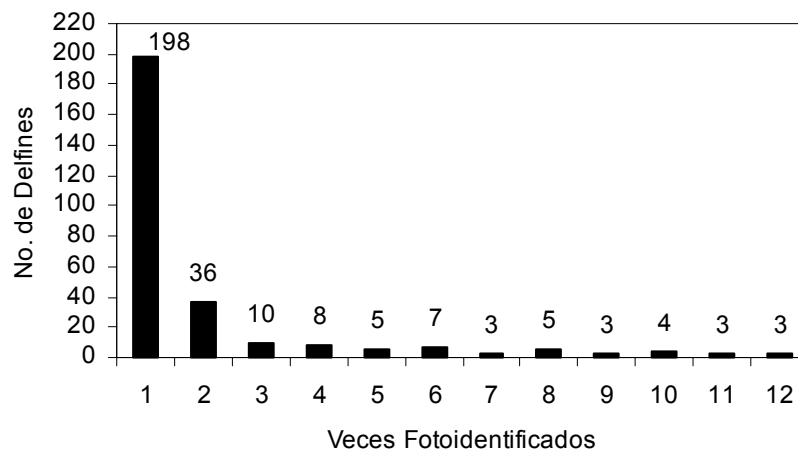


**Figura 27. Distribución temporal de dos indicadores relativos de la abundancia de tursiones (Delfines/Km y Avistamientos/Km) en la Bahía de La Paz, B.C.S. Las flechas indican los meses con ingreso de delfines oceánicos.**

## b) Fotoidentificación.

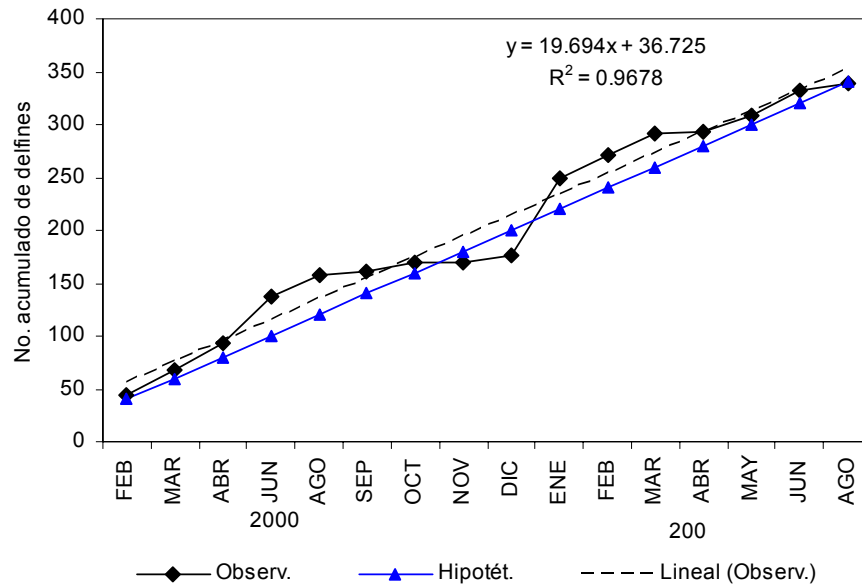
Como ya se ha mencionado en secciones anteriores se observaron un total de 2238 tursiones en 116 avistamientos durante los dos años de estudio. En el 2000 se fotografiaron 352 delfines, de estos se diferenciaron 177, mientras que en el año 2001 se fotografiaron 244, diferenciándose 162. La comparación de las fotografías de estos delfines permitió la integración de un catálogo fotográfico de tursiones de la Bahía de La Paz, B.C.S. el cual contiene hasta el momento 285 delfines.

La frecuencia con la que se observaron los delfines varió de 1 a 12 ocasiones. La mayoría (198, 69.5%) fueron vistos en sólo una ocasión, mientras que el 30.5% restante (87 delfines) fueron vistos en mas de dos ocasiones (Fig. 28)



**Figura 28. Frecuencia de fotoidentificación de los tursiones de la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 2000 y 2001.**

Aproximadamente la mitad de los tursiones identificados como nuevos en la Bahía de La Paz se obtuvieron para el mes de octubre del 2000, manteniéndose este número hasta diciembre, ya que en enero se presentó nuevamente un incremento en el número de delfines diferenciados. Durante el verano de 2001 se alcanza un segundo máximo de delfines nuevos. El patrón general que sigue la curva de delfines acumulados se ajusta de forma aceptable a un modelo lineal ( $r^2 = 0.96$ ) (Fig. 29). Lo cual indica que en la Bahía de La Paz hay una entrada continua de delfines, y se asocia con la presencia de tursiones de la forma oceánica.



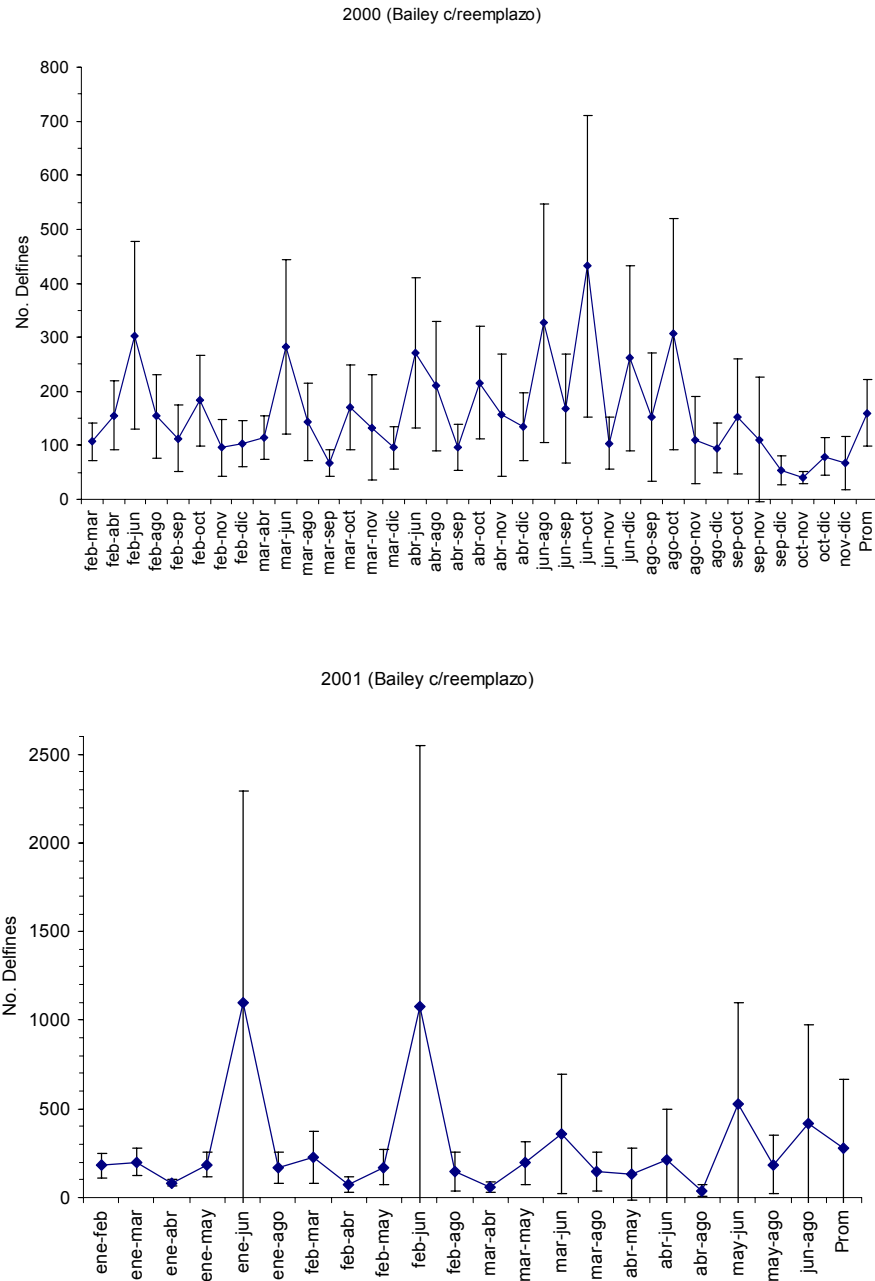
**Figura 29. Número acumulado de tursiones nuevos fotoidentificados en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante 200 y 2001 (líneas con rombos); lineal hipotético con un crecimiento constante de delfines FID (línea con triángulos) y ajuste lineal de los delfines FID (línea punteada).**

El número de delfines nuevos identificados por meses no presento diferencias significativas (Prueba de rangos Kruskal-Wallis  $H = 9.0$ ,  $n = 9$ ,  $p = 0.43$ ). De la misma forma, no existe una correlación entre los delfines nuevos fotoidentificados por mes con el esfuerzo realizado (Correlación de Pearson  $r_p = -0.03$ ,  $n = 16$ ,  $p = 0.90$ ).

### c) Abundancia absoluta (captura y recaptura)

La estimación de abundancia realizada para el año 2000 mediante el modelo de Bailey (con reemplazo) para poblaciones cerradas señala un tamaño poblacional promedio de 160 tursiones ( $IC_{95\%} = 98 - 222$ ). Las estimaciones pareadas obtenidas para los meses en los que se realizó fotoidentificación se muestran en la figura 30.

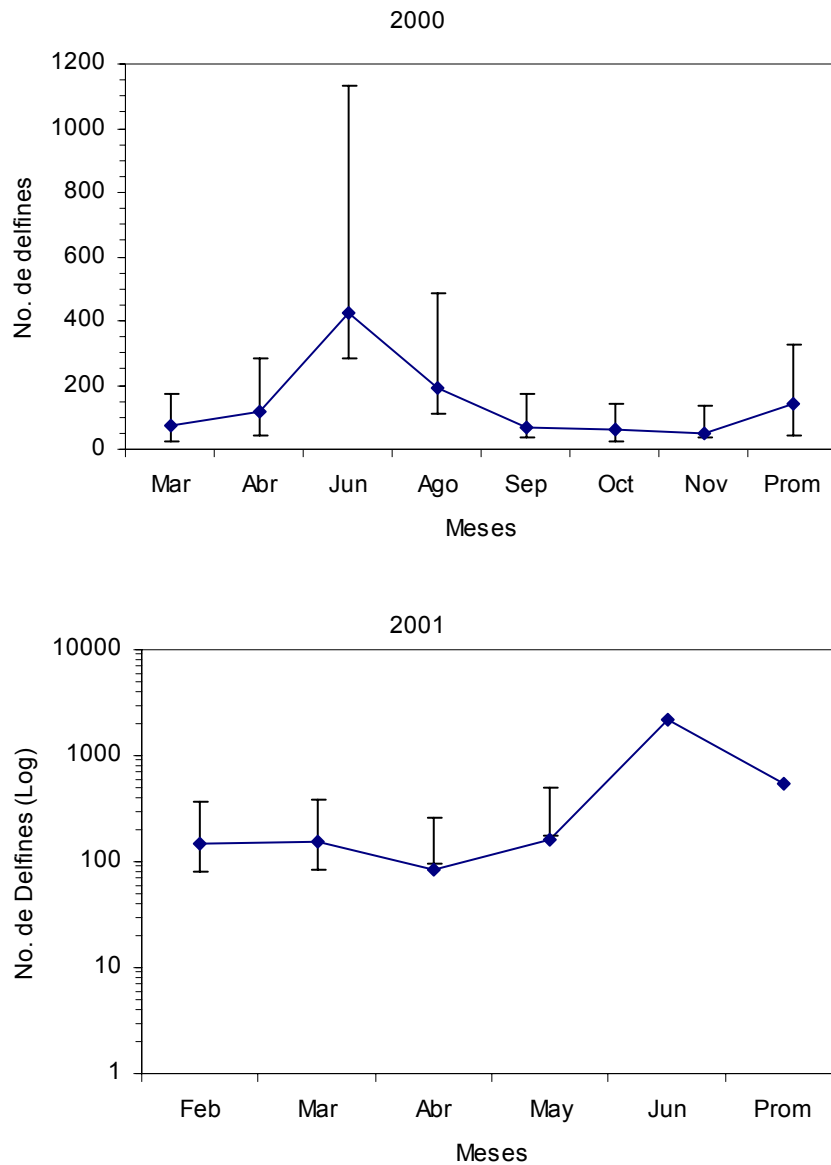
En el año 2001 estas mismas estimaciones indican un tamaño poblacional de 279 delfines ( $IC_{95\%} = 0 - 667$ ) al aplicar el modelo de Bailey. El límite inferior del intervalo de confianza debería corresponder a valores negativos dado que las desviaciones estándar obtenidas para las estimaciones en las que se incluyó al mes de Junio son muy amplios por lo que los IC también lo son y, por tanto el correspondiente al promedio indicando que el límite inferior sería negativo, lo cual se puede apreciar en la figura 30. Las amplias desviaciones estándar obtenidas se deben a un bajo número de delfines fotoidentificados y a que en ese mes se tuvieron sólo dos recapturas.



**Figura 30. Estimaciones de Abundancia efectuada para los tursiones en la Bahía de La Paz, B.C.S., con el modelo de Bailey para poblaciones cerradas, durante 2000 (superior) y 2001 (inferior).**

El tamaño estimado de la población de tursiones en la Bahía de La Paz, empleando el modelo de Jolly-Seber para poblaciones abiertas, varió desde 49 delfines ( $IC_{95\%} = 12.65 - 86.15$ ) en Noviembre del 2000 a 424 ( $IC_{95\%} = 140.97 - 707.52$ ) en el mes de Junio. Mientras que el valor promedio para ese año fue de 140.37 delfines ( $IC_{95\%} = 94.93 - 185.81$ ) (Figura 31).





**Figura 31. Tamaño poblacional estimado para los tursiones de la Bahía de La Paz con el modelo de Jolly-Seber y sus respectivos  $IC_{95\%}$ , durante los años 2000 y 2001. En el eje de las abscisas se presentan los meses en los que se efectuaron estimaciones y el promedio general obtenido para el año. En el caso del gráfico correspondiente al año 2001 se ha tenido que usar una escala logarítmica, debido la diferencia de magnitud entre Junio con el resto de los meses.**

Para el 2001 estas estimaciones variaron de 83.05 delfines ( $IC_{95\%} = -14.28 - 180.38$ ) en Abril, hasta hasta 2205 delfines en el mes de Junio; sin embargo, al programa le fue imposible calcular el intervalo de confianza, ya sea debido a la poca cantidad de delfines marcados o recapturados en ese muestreo o en muestreos posteriores. La estimación promedio para este año fue de 550.6 delfines, pero nuevamente el intervalo de confianza no fue calculado por el programa (Figura 31).



## Asociaciones

A partir de la información generada por la fotoidentificación durante los dos años de estudio se elaboró una matriz de "UNOS Y CEROS" en los cuales se relaciona a los delfines que fueron identificados en cada avistamiento. Estos datos se emplearon para efectuar el análisis de asociación entre los delfines de las agrupaciones de la Bahía de La Paz. En el Tabla 16 se resume la información global del análisis efectuado para los dos años de estudio.

**Tabla 16. Resultados generales del análisis de asociación de los tursiones en la Bahía de La Paz durante 2000 y 2001.**

Año	Meses	Grupos	Delfines FID	Tasa Asociación Media/DE	Valores $p$ Media/DE
2000	9	39	166	0.074 / 0.209	<b>0.930 / 0.993</b>
2001	7	26	183	0.071 / 0.221	<b>0.280 / 0.600</b>

No obstante que en los años hubo nueve meses con datos generados a partir del trabajo de campo, en el caso de 2001 se emplearon solo 7 debido a que en algún mes se obtuvieron pocas fotoidentificaciones (Tabla 16). También se aprecia la DE (SD) de los índices de asociación en los dos años es mayor que la Media, por lo que se puede decir que las asociaciones tienden a ser de largo plazo y que estos índices de asociación son diferentes de los esperados en una asociación aleatoria. En el Tabla 17 se presenta de forma desglosada el número de grupos y delfines considerados en cada mes del año 2000. En este caso el número total de delfines incluidos en los meses puede ser mayor al total identificado ya que algunos animales se presentan en repetidas ocasiones en varios meses y avistamientos.

**Tabla 17. Características de los datos usados para el análisis de asociaciones en 2000.**

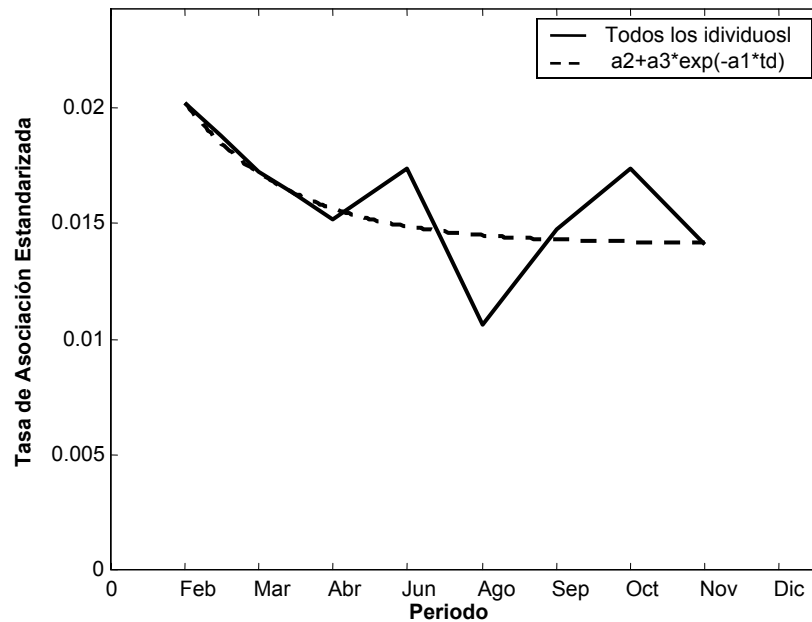
Año	Meses	Grupos	Delfines FID
2000	Febrero	7	45
	Marzo	4	41
	Abril	5	41
	Junio	4	60
	Agosto	6	40
	Septiembre	2	19
	Octubre	6	37
	Noviembre	2	13
	Diciembre	3	30
			39/54

El análisis estacional de las asociaciones de delfines para el año 2000 mostró que en términos generales hay una tendencia por formar agregaciones de largo plazo dado los valores de DE (SD) que son mayores que la media. Sin embargo los valores de  $p$  solo son lo suficientemente bajos en Otoño

como para considerarlo significativo. No obstante la tendencia sigue siendo evidente a lo largo del año (Tabla 18).

**Tabla 18. Tasas de asociación y valores de  $p$  estacionales para los tursiones de la Bahía de La Paz durante el 2000.**

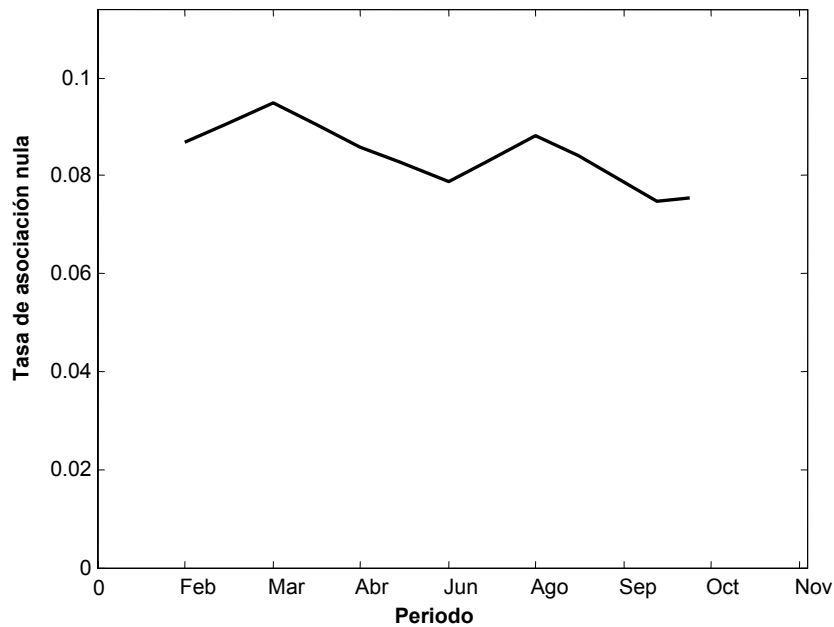
Estaciones 2000	Grupos	Delfines FID	Tasa Asociación Media/DE	Valores $p$ Media/DE
Invierno	13	65	0.181 / 0.331	0.650 / 0.880
Primavera	9	91	0.187 / 0.376	0.870 / 0.950
Verano	8	56	0.199 / 0.388	0.750 / 0.750
Otoño	11	60	<b>0.189 / 0.333</b>	<b>0.050 / 0.280</b>



**Figura 32. Tasa de asociación estandarizada para los tursiones FID en la Bahía de La Paz en 2000 y su ajuste a un modelo de disociación rápida, compañías constantes y relaciones casuales.**

De acuerdo con las tasas de asociación por periodos para el año 2000 (Fig. 32) el modelo que mejor se ajusta corresponde al de grupos de delfines que tienen una porción de compañías constantes (lo cual podría explicar la tendencia general estacional de estos delfines a formar compañías de largo plazo), Otra parte de los grupos tienen disociaciones rápidas, lo cual se conjuga

con una porción de los delfines que tienen una serie de relaciones casuales con otros tursiones (posiblemente oceánicos).

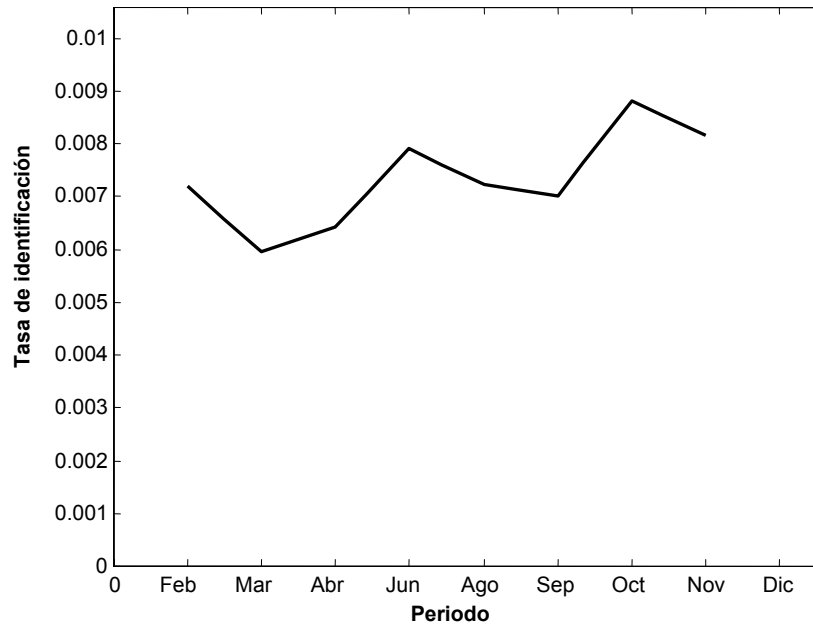


**Figura 33. Tasa de asociación nula para el juego de datos de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2000.**

Las tasas de asociación nula (Fig. 33) son las tasas de asociación esperadas si no existen asociaciones o compañeros preferidos. En el caso de que estas tasas de asociación nulas sean iguales que las tasas de asociación estandarizada por periodos, indicaría que no existen asociaciones preferidas para ese periodo de tiempo. Dado que en el año 2000 estas dos tasas de asociación son diferentes, corroboraría que existen asociaciones preferidas de largo plazo.

La tasa de identificación (Fig. 34) es la probabilidad de que un animal sea identificado en cualquier momento tiempo después. Si hay mortalidad o emigración entonces esta tasa típicamente cae con el tiempo. La tendencia ascendente de esta tasa indica que existen delfines que permanecen en el área por periodos largos por lo que aumenta su probabilidad de ser capturados o que hay algunos individuos que por alguna razón tienen una mayor probabilidad de ser identificados.

Si la población es cerrada y las identificaciones son independientes, entonces la probabilidad es el inverso del tamaño poblacional, lo cual es poco probable que suceda en el caso de la bahía. Sin embargo en el caso de que la población de la bahía fuera cerrada, durante el 2000 habría aproximadamente 142 delfines con un mínimo de 117 y un máximo de 166 tursiones. Esta estimación es similar a la obtenida usando el modelo de Bailey (160 delfines,  $IC_{95\%} = 98-222$ ).



**Figura 34. Tasa de Identificación de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2000.**

Como se pudo observar en el Tabla 16, la DE (SD) de los índices de asociación de forma general en el 2001 es mayor que la Media, por lo que se puede decir que las asociaciones en este año también tienden a ser de largo plazo y que estos índices de asociación son diferentes de los esperados en una asociación aleatoria. En el Tabla 19 se presenta de forma desglosada el número de grupos y delfines considerados en cada mes del año 2001

**Tabla 19. Características de los datos usados para el análisis de asociaciones en 2000.**

Año	Meses	Grupos	Delfines FID
2001	Enero	4	76
	Febrero	2	34
	Marzo	8	47
	Abril	1	8
	Mayo	2	29
	Junio	6	34
	Agosto	3	26
	Sep-Oct	---	---
	Noviembre	---	---
		26	183

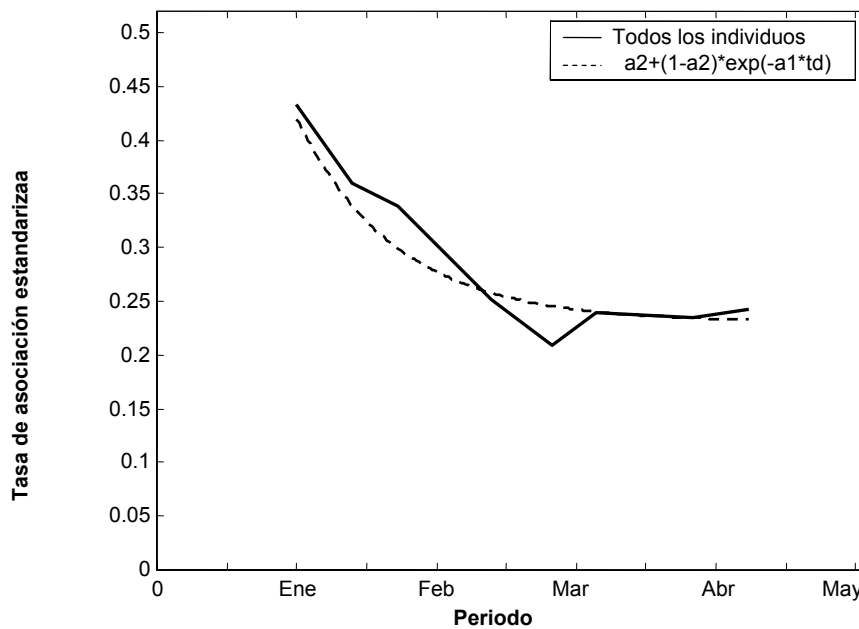
El número total de delfines incluidos en los meses no es mayor que el total identificado, lo cual pudiera explicarse mas adelante. Es importante hacer notar que en los meses de septiembre-octubre

y en noviembre no hubo fotoidentificaciones o delfines diferenciables por lo que no hubo datos, esto es de importancia ya que afectará algunos de los cálculos posteriores.

El análisis estacional de las asociaciones de delfines para el año 2001 mostró que en términos generales hay una tendencia por formar agregaciones de largo plazo dado los valores de DE (SD) que son mayores que la media. Sin embargo, como se mencionó con anterioridad la carencia de datos durante el verano y el otoño no ha permitido efectuar los cálculos correspondientes (Tabla 20).

**Tabla 20. Tasas de asociación y valores de  $p$  estacionales para los tursiones de la Bahía de La Paz durante 2001.**

Estaciones 2001	Grupos	Delfines FID	Tasa Asociación Media/DE	Valores $p$ Media/DE
Invierno	14	125	0.134 / 0.304	0.010 / 0.640
Primavera	9	95	0.183 / 0.379	0.980 / 0.980
Verano	1	26	---	---
Otoño	---	---	---	---

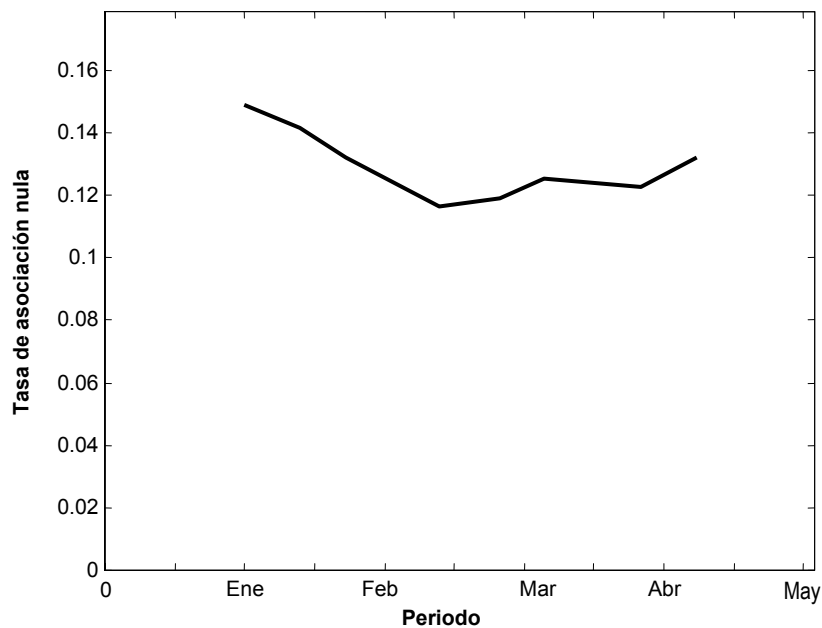


**Figura 35. Tasa de asociación estandarizada para delfines FID en la Bahía de La Paz en 2001 y su ajuste a un modelo de compañías constantes y relaciones casuales.**

De acuerdo con las tasas de asociación estandarizada para el año 2001 (Fig. 35) el modelo que mejor se ajusta corresponde al de grupos de delfines que tienen una porción de compañías constantes (lo cual podría explicar la tendencia general observada en los dos años y estacionalmente de estos delfines a formar compañías de largo plazo), Otra parte de los grupos tienen relaciones

casuales con otros tursiones, posiblemente oceánicos o de otras zonas de la bahía. Aunque en este año solo hubo la presencia de dos agrupaciones reconocidas como oceánicas, sin embargo la dispersión general de los delfines hacia la Zona II podría haber posibilitado la interacción de diferentes agregaciones de la misma bahía.

Las tasas de asociación nula en el año 2001 es diferente de la tasas de asociación aunque muestran una tendencia similar, por lo que podría indicar un mayor componente de delfines con relaciones casuales en la bahía o que por ciertos cambios ambientales las agregaciones no permanecen juntas por mucho tiempo haciendo menos probable la existencia de asociaciones preferidas de largo plazo (Fig. 36).



**Figura 36. Tasa de asociación nula para el juego de datos de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2001.**

Las tasa de identificación durante el 2001 (Fig. 37) muestran una tendencia a decrecer en los primeros 5 periodos, considerando que esta tasa típicamente cae con el tiempo si hay mortalidad o emigración entonces, se podría decir que ha habido desplazamientos importantes de los delfines de la bahía. La tendencia ascendente hacia el final del periodo de muestreo puede indicar que algunos delfines retornaron al área.

Los datos claramente señalan que la población no es cerrada y las identificaciones son independientes, entonces la probabilidad no puede en este caso ser el inverso del tamaño poblacional. Sin embargo en el caso de que lo fuera, durante el 2001 habría aproximadamente 250

delfines con un mínimo de 200 y un máximo 333. Nuevamente estas estimaciones son similares a las obtenidas con el modelo de Bailey (279 delfines,  $IC_{95\%} = 198-388$ ).

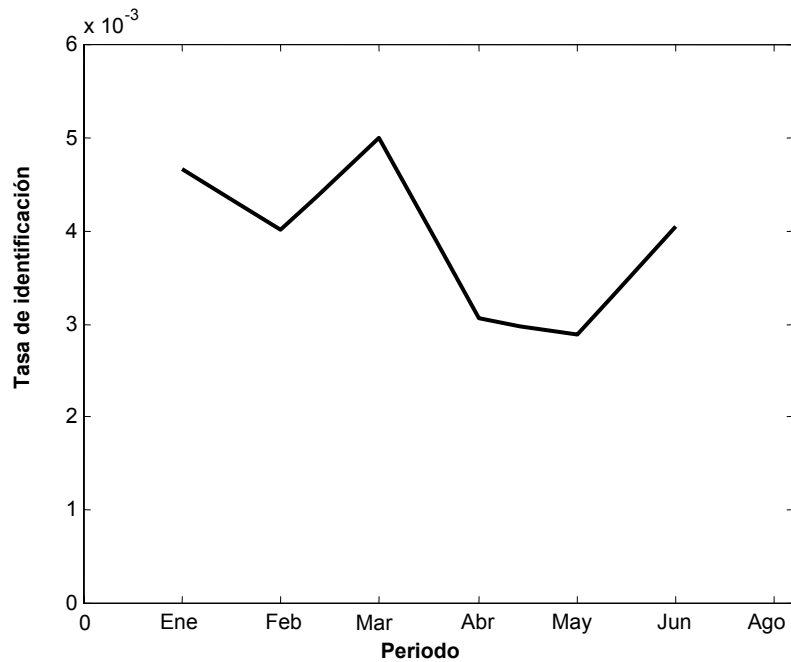


Figura 37. Tasa de Identificación de los tursiones de la Bahía de La Paz durante el año 2001.

### Residencia

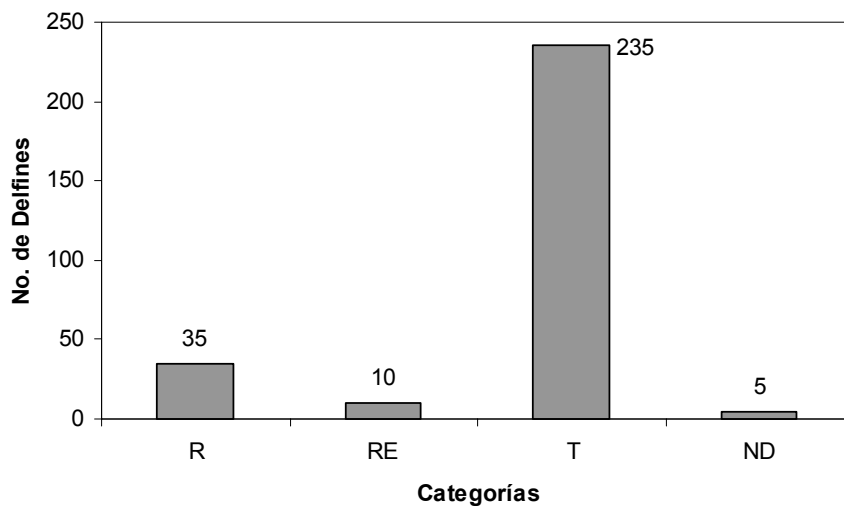
Del total de tursiones identificados en la Bahía de La Paz (285), 35 (12.28%) se reconocieron como delfines Residentes (R) (Fig. 37), El 45.71% de los delfines considerados como residentes fueron identificados como hembras debido a la estrecha relación que se observó con crías recientemente nacidas (neonatos) o de unos cuantos meses de nacidas. El número de reavistamientos de los delfines residentes varió de 3 a 12 con un promedio de 7 avistamientos por delfín. La mayoría de los delfines residentes (27) fueron vistos exclusivamente en la Ensenada de La Paz, 6 se ubicaron en la Ensenada de La Paz y en una o dos regiones mas de la bahía, y los dos restantes fueron vistos fuera de la ensenada, uno en la Isla Espíritu Santo y otro en San Juan de la Costa.

Se consideró a 10 tursiones (3.51%) como Residentes Estacionales (RE) (Fig. 38), de los cuales dos (20%) se reconocieron como hembras, ambas vistas en la ensenada en algún momento. Durante el invierno fueron identificados cinco residentes estacionales, mientras que los restantes fueron fotoidentificados en la primavera. La ubicación de estos delfines es principalmente en la ensenada (6), cuatro tursiones se ubicaron exclusivamente en la ensenada y dos más en la ensenada y San Juan de

la Costa. Mientras que los cuatro delfines residentes estacionales restantes se vieron fuera de la ensenada.

En la calidad de delfines en Tránsito (T) se identificaron 235 (82.46%) (Fig. 38), una gran parte (218) solo estuvieron de tránsito durante una estación del año; 89 en invierno, 70 en primavera, 48 en verano y 11 en otoño. Los 17 delfines en tránsito restantes correspondieron a individuos que estuvieron en la bahía durante dos estaciones contiguas, tal como se establece en la definición de esta categoría.

Los cinco delfines restantes no pudieron ser asignados a ninguna de las categorías establecidas previamente (ND) dado que se presentaron sólo en dos estaciones del año pero no fueron consecutivas.



**Figura 38. Ocurrencia de tursiones identificados en la Bahía de La Paz, B.C.S. para en cada categoría de residencia considerada.**

### Desplazamientos

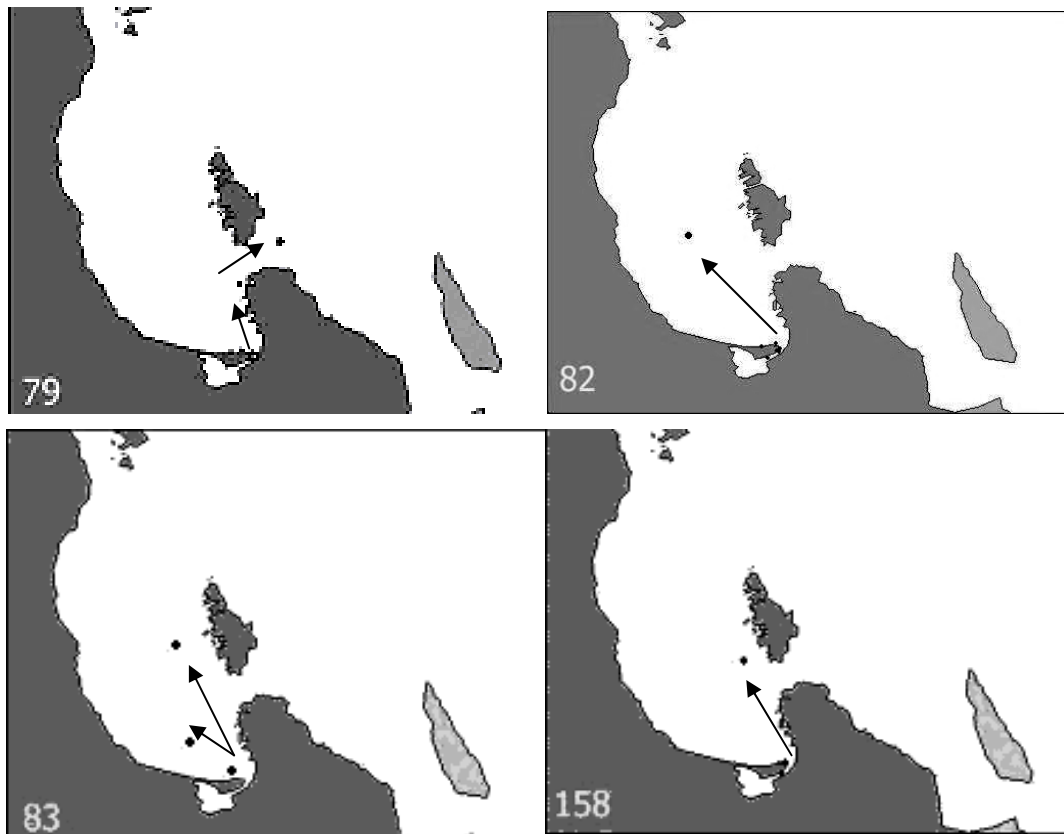
Rojo (2002) registra los movimientos y ámbito hogareño de las hembras fotoidentificadas en la Bahía de La Paz. Por lo que se retomó esa información para ser integrada con el resto de la información ecológica obtenida durante el proyecto.

Los desplazamientos documentados a través de la fotoidentificación corresponden especialmente a los efectuados por algunos delfines de la agrupación de la Ensenada y contados casos de tursiones oceánicos.

Varios de estos animales hacen un uso extensivo no solo de la ensenada sino que de gran parte de la Zona I, moviéndose hacia el Oeste hasta las proximidades de San Juan de la Costa, el centro de la bahía y hacia el Noreste hasta Balandra y el Canal de San Lorenzo. Un buen ejemplo de los



desplazamientos efectuados por los tursiones de la ensenada lo representan los delfines hembras con número de catálogo 79, 82, 83, y 158.



**Figura 39. Mapa de movimientos de los tursiones 79, 82 83 y 158 pertenecientes al grupo de la Ensenada de La Paz en la bahía.**

Se calculó un ámbito hogareño para la mayoría de los delfines de la ensenada de 32.8 Km<sup>2</sup>, mientras que en caso de los delfines 79, 82, 83 y 158 cuyos desplazamientos se encontraban entre 11.7 y 35.5 Km. se estimó un ámbito hogareño de hasta 161 Km<sup>2</sup>. (Fig. 39).

Los registros de la fotoidentificación indican que algunos delfines identificados inicialmente en las cercanías de la Isla San José (delfines 103, 145, 146 y 154) han incursionado hacia el interior de la bahía llegando a solo unas 5 millas de la ensenada. Especialmente remarcable es el desplazamiento del delfín 154 quien realizó un movimiento desde el Sur de la Isla San José hacia el interior de la bahía al WSW de Balandra, lo que implica un desplazamiento de 61.39 Km. El ámbito hogareño de estos delfines no fue estimado debido a que muy probablemente estos delfines ocupen un área mucho mayor que el área de estudio (Fig. 40).

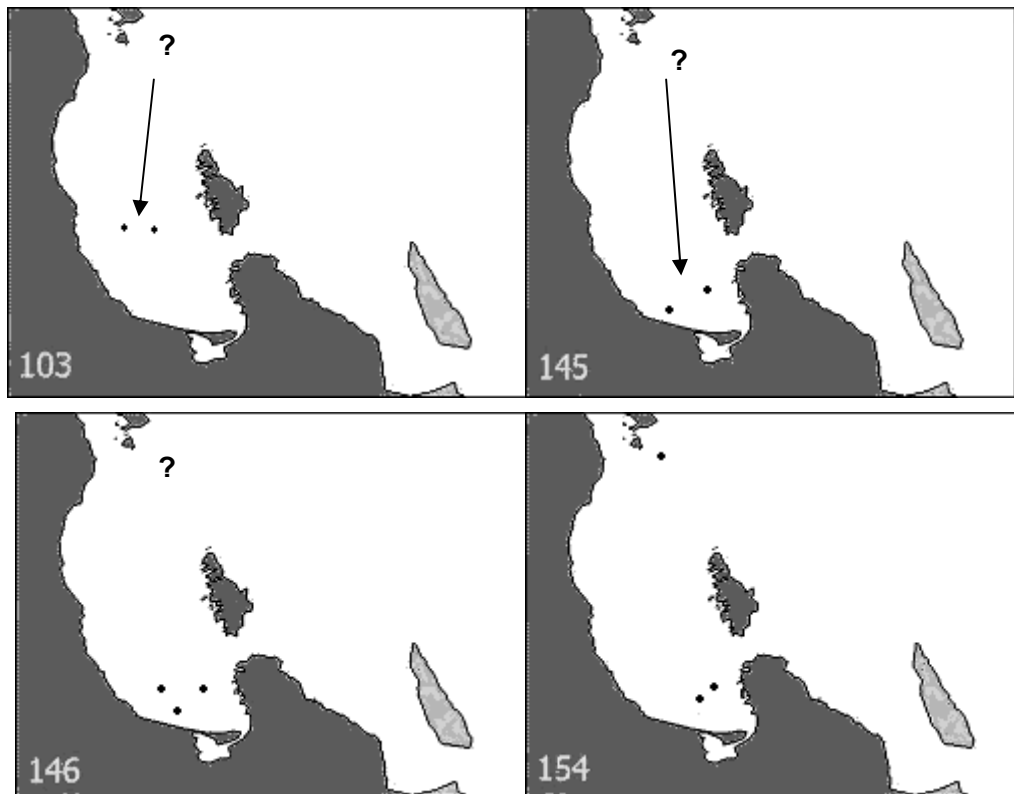
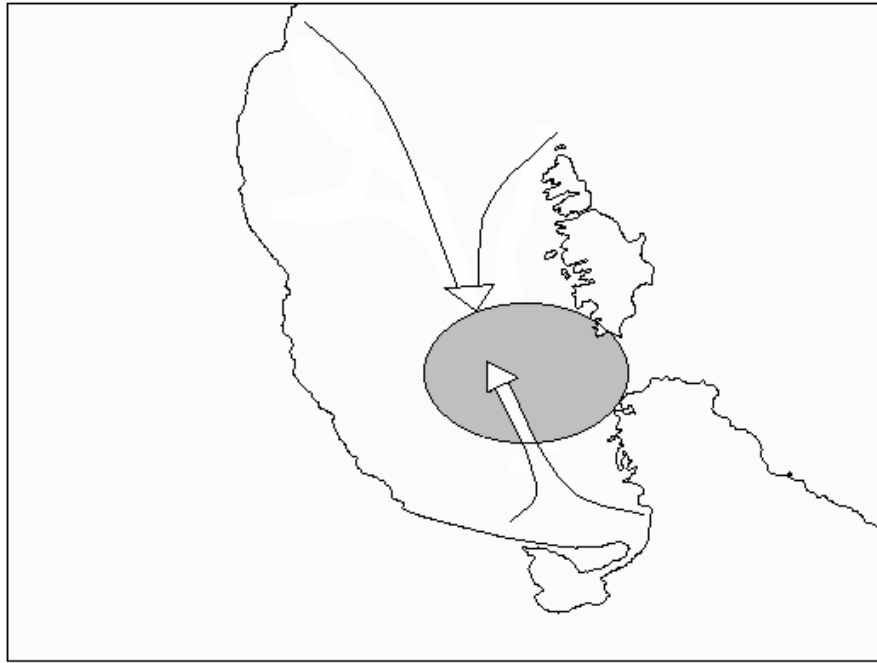


Figura 40. Mapa de movimientos de tursiones oceánicos 103, 145, 146 y 154 en la Bahía de La Paz.

En la Figura 41 se esquematiza el desplazamiento general registrado para algunas hembras con cría que se ha podido seguir a lo largo del tiempo mediante la fotoidentificación. El área sombreada muestra aproximadamente la zona donde se mezclan las agregaciones de la ensenada y la oceánica en la Bahía de La Paz.



**Figura 41. Desplazamientos y área en la que se mezclan de algunas hembras de la ensenada y del grupo oceánico.**

### **Hembras con crías**

Durante los dos años de estudio se han fotoidentificado tursiones hembras de las agrupaciones de la Bahía de La Paz, el sexo de estos animales se ha inferido por la presencia de un delfín pequeño, generalmente menor a 1.50 m asociado estrechamente al delfín adulto. Debido a su fácil identificación por la presencia de las crías ha sido posible hacer un seguimiento más estrecho, permitiendo conocer mejor los desplazamientos y el área que ocupan estos delfines. La figura 42 muestra la presencia de estos tursiones hembra a lo largo del tiempo, haciéndose evidente una mayor incidencia durante la temporada fría de la bahía, tanto de la agrupación de la Ensenada como de los delfines Oceánicos. En la figura 43 se presentan la relación de las hembras con crías ponderadas en función del esfuerzo. Como es posible apreciar existe un incremento considerable de las crías durante el invierno de 2001, especialmente durante el mes de enero y un segundo incremento durante el mes de mayo del mismo año.

Se efectuaron correlaciones de Spearman entre el número de hembras y las crías identificadas y el número de crías ponderadas con el esfuerzo y la temperatura superficial del mar promedio para cada mes (Tabla 21) las cuales solo mostraron una correlación negativa y significativa entre el número de crías sin ponderar y la temperatura del mar. El índice relativo de crías mostró una relación negativa con la temperatura superficial del mar, la cual aunque no significativa si deja ver que la temporada fría es de importancia en la reproducción de los tursiones en la Bahía de La Paz.

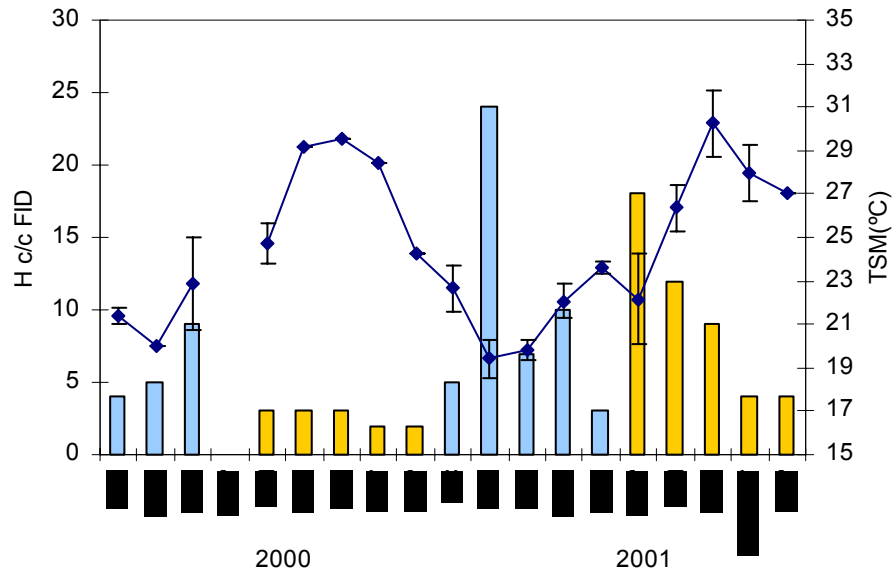


Figura 42. Presencia de las hembras de tursiones en la Bahía de La Paz durante los dos años de estudio (2000 - 2001), señalada por las barras. Las líneas con errores estándar señalan la temperatura superficial del mar (°C).

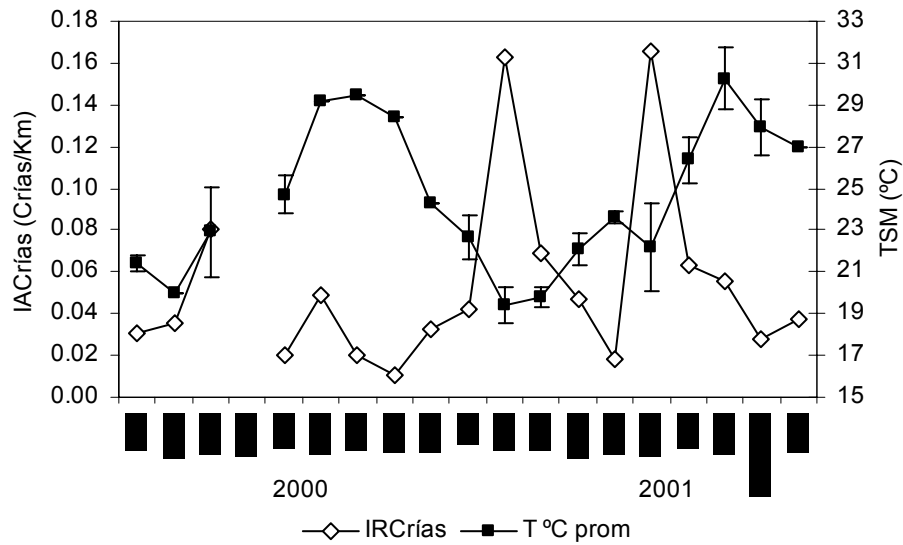


Figura 43. Distribución temporal de las crías observadas ponderadas en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante los dos años de estudio (2000 - 2001) (señalada por la línea con rombos claros). La línea con cuadros oscuros indica la temperatura superficial del mar (°C).

**Tabla 21. Estadísticos de la Correlación de Spearman realizada entre las Crías y el Índice relativo de las crías (Icarias) con el esfuerzo y la temperatura.**

<b>Correlación de Spearman</b>				
	<b>N</b>	<b>R Spearman</b>	<b>t(N-2)</b>	<b>p-level</b>
Crías & Esf	18	0.098	0.397	0.696
Crías & T °C	18	<b>-0.486</b>	<b>-2.226</b>	<b>0.041</b>
IACrías & T °C	18	-0.379	-1.637	0.121

## DISCUSIÓN

### Distribución Espacio-Temporal y su relación con factores ambientales.

Los tursiones (*Tursiops truncatus*), son la especie de cetáceos que se observa con mayor frecuencia en la Bahía de La Paz, B.C.S. y se conoce desde tiempo atrás de la existencia de una posible población residente (Urbán *et al.* 1997). Como ya se ha mencionado en la sección de resultados, fue posible observar los tursiones con relativa frecuencia y facilidad en la Bahía de La Paz, B.C.S; sin embargo su distribución no es continua ni homogénea. Se pudo determinar que hay un marcado gradiente en la distribución de los avistamientos y número de los tursiones, donde la Zona 1 (interior de la bahía y ensenada) tuvo la mayor frecuencia y densidad de avistamientos durante los dos años de estudio, seguida por la Zona 2 y 3. No obstante que los tursiones son reconocidos por su amplia y casi continua distribución en todas las aguas costeras tropicales y templadas (Wells y Scott, 1999), la forma en la que se distribuyen y emplean el ambiente parece ser muy variable y compleja, y puede estar determinada por tres principales factores; la alimentación, la depredación y la reproducción (Wells, 1993).

Diversos autores han señalado que la distribución de la mayoría de los cetáceos está relacionada a 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. Estas áreas generalmente son identificadas como zonas de convergencias de corrientes, desembocaduras de ríos y lagunas costeras y zonas de surgencia (Gaskin, 1980; Evans, 1987).

En la Bahía de La Paz, son reconocibles dos áreas en las que se llevan al cabo dos procesos oceanográficos importantes y que influyen en la productividad y disponibilidad de alimento para los tursiones y otras especies de mamíferos marinos, estas son la Boca de la Ensenada de La Paz y la zona del Canal de San Lorenzo. En la primera el efecto de la marea, la cual es de tipo semidiurno, genera corrientes de flujo y reflujo con velocidades cercanas a  $1 \text{ m s}^{-1}$  (Jiménez, *et al.*, 1997) esto, además de producir un transporte de sedimentos y nutrientes entre la laguna y la bahía, genera desplazamientos de diversas especies de peces, algunos de los cuales son capturados por los tursiones. Por otra parte, Jiménez *et al (op. cit)* mencionan que un mecanismo importante en la

fertilización de la bahía es el giro ciclónico semipermanente de invierno, la cual genera una divergencia superficial y una surgencia en la región central de la bahía y frente al Canal de San Lorenzo, lo cual se suma a las corrientes de marea registradas en el Canal que son también cercanas a  $1 \text{ m s}^{-1}$ . Lo anterior explicaría porque en las Zonas 1 y 2 se observan la mayor parte de los avistamientos de los tursiones. Por otra parte, en el desarrollo de este trabajo fue posible realizar diversos avistamientos en la región cercana al canal de San Lorenzo y el centro de la bahía, en la que se observaron diferentes especies de mamíferos marinos en actividad de alimentación, lo cual confirma la importancia de esta zona para los cetáceos de la bahía. En el caso de la Ensenada de La Paz, la actividad de alimentación además de haber sido observada por el autor (ver mas adelante) ha sido informada por Marcín *et al.* (1997). Los datos obtenidos en el presente trabajo indican que los tursiones de la ensenada están utilizando el área limítrofe entre las Zonas 1 y 2, así como el área del Canal de San Lorenzo para alimentarse, por lo que la distribución de los delfines de la ensenada parece ser mas amplia que lo informado con anterioridad.

Debido a los hábitos costeros de los tursiones, estos delfines han seleccionado áreas someras y tranquilas para poder llevar al cabo su actividad de reproducción, dado que esta área ofrece protección de depredadores, aguas tranquilas y temperaturas relativamente cálidas donde las crías pueden mantenerse las primeras semanas en lo que adquieren su capa de grasa lo suficientemente eficiente para no perder calor (Mann *et al.*, 2000). La presencia constante de agrupaciones de tursiones con crías hace pensar que al menos algunas de las agrupaciones se mantienen en esta zona para reproducción y crianza, haciendo que la distribución de los delfines se concentre hacia el interior de la bahía (Zona 1) y en la Ensenada de La Paz, reforzando nuevamente el gradiente de distribución observado.

La depredación es otro de los factores determinantes en la distribución y uso del ambiente en los tursiones (Wells, 1993; Heithatus y Dill, 2002). Las especies de tiburones que pudieran ser potenciales depredadores de los tursiones se encuentran generalmente distribuidas en zonas más profundas o pelágicas (Wells y Scott, 1999; Reynolds *et al.*, 2000; Connor *et al.*, 2000). Las poblaciones de tiburones con capacidad de depredar a los tursiones se encuentran disminuidas en diversas partes de su distribución natural, incluidas por supuesto las aguas del Golfo de California (Villavicencio, 1996; Galván com. pers. 2004). Villavicencio (op. cit) señala además que la Bahía de La Paz es una zona en la que se capturan principalmente cazones, en los que se incluye especies de tiburones pequeñas y juveniles de especies de tallas mayores. Estos dos factores en conjunto explicarían la reducida o nula incidencia de ataques de tiburones a los tursiones en la Bahía de La Paz, dado que hasta el momento no existen en el catálogo fotográfico de tursiones, delfines con marcas de dientes de tiburón en alguna parte del cuerpo. Lo anterior es remarcable comparado con la incidencia observada en otras regiones del mundo 36% en Moreton Bay, Australia; 21.9% en Sarasota, FL.; 10.3% en Natal, Sudáfrica (Corkeron, *et al.*, 1987; Wells *et al.*, 1987 Cockcroft *et al.*, 1989, todos ellos citados en Wells y Scott, 1999); y 4.1% en los delfines varados en la porción central de la costa Este de Estados Unidos de Norteamérica (Mead y Potter, 1990). Si bien la incidencia de delfines con cicatrices producidas por los

encuentros con tiburones es nula, es posible que la depredación de tursiones por tiburones en la Bahía de La Paz exista pero que no haya sido detectada, y por tanto las hembras de tursiones usen instintivamente la Zona 1 y ensenada de la bahía como una forma de reducir el riesgo, tal como ha sido observado en Sarasota (Wells, 1993). Su distribución por tanto, se puede explicar principalmente por la alimentación y reproducción, ya que como menciona Wells (*op. cit*) la distribución de los tursiones en zonas costeras y sus cambios en el tiempo no obedecen a un solo factor.

Las diferencias en los patrones del número de delfines ponderados considerando las Zonas y el tiempo entre los años 2000 y 2001, pudieran ser un reflejo del efecto combinado de diferentes factores bióticos y abióticos, dado que al correlacionar el número de delfines con estos factores, parecen tener un efecto diferencial en el tiempo y espacio. Sin embargo, la productividad primaria, con desfase de un mes, parece explicar en mayor medida las variaciones observadas en los delfines durante los dos años, indicando a la alimentación como el factor con mayor peso. Wells (1993) y Scott *et al.*, (1990) señalan que en Sarasota los cambios en la distribución y abundancia estacional de los tursiones se asocia a varios factores, pero uno de los más importantes son los cambios en la distribución y la densidad de las presas. Los tursiones cambian su distribución de aguas someras del interior de la Bahía de Sarasota durante el verano, moviéndose hacia las bocas que comunican la bahía con el Golfo de México en Invierno siguiendo la salida de cardúmenes de lisas (*Mugil cephalus*), una de las principales presas en la dieta de los tursiones en esa zona. Otros cambios estacionales en la distribución de delfínidos asociados a sus presas, se han reportado por Selzer y Payne (1988) con el delfín común de rostro corto (*D. delphis*), el cual se alimenta de “sand lance” (*Ammodytes americans*), y el delfín de costados blancos del Atlántico (*Lagenorhynchus acutus*) que se alimenta de macarela (*Scomber scombrus*), “butterfish” (*Peprilus triacanthus*) y los calamares (*Illex illecebrosus* y *Loligo paelei*).

En la Bahía de La Paz, las observaciones directas efectuadas durante el presente trabajo indican que los tursiones se están alimentando tanto de especies de peces demersales en la ensenada y aguas someras de la Zona 1, como de sardinas y macarelas que forman grupos grandes en la bahía, especialmente entre la Zona 1 y 2. La presencia de otras especies de cetáceos como el Rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*), de grupos de tursiones del ecotipo oceánico, del delfín común (*Delphinus capensis*) durante eventos de alimentación sobre cardúmenes de sardinas confirman la disponibilidad de este recurso y la importancia de la zona de transición entre la Zona 1 y 2 frente al Canal de San Lorenzo en el interior de la bahía.

Las correlaciones significativas encontradas entre los tursiones y la temperatura y la marea en las Zonas 1 y 2 para el año 2000 y la distancia a la costa en los dos años, explican parcialmente algunas de las variaciones por zona y mes. El máximo de delfines observado en el 2000 coincide con la temperatura más alta registrada en la bahía lo cual sucede en el mes de agosto. Durante este mismo periodo se presenta el ingreso de grupos de tursiones oceánicos, sin embargo, sin considerar estos avistamientos hay un número alto de tursiones coincidiendo con los valores mas altos de productividad primaria en la bahía, así como con el mayor número de crías recién nacidas.

Confirmando que la alimentación y la reproducción son los factores de mayor importancia en la distribución y abundancia relativa de los tursiones en la Bahía de La Paz.

La relación observada con la marea en la Zona 1, particularmente en la boca y canal de la ensenada pudiera estar relacionada con la entrada y salida de peces. La relación del movimiento de los delfines con respecto al flujo y reflujo de la marea parece contradictoria en las distintas localidades donde ha sido evaluado. Irving *et al.*, (1981) mencionan que en Sarasota los tursiones se mueven en ambas direcciones pero que al parecer es mayor la incidencia de desplazamientos a favor que en contra, y que se ha descrito el movimiento de los delfines a favor de la marea por True en Nueva Jersey, por Gunter en Texas y por Würsig y Würsig en Argentina (True, 1885; Gunter, 1942 y Würsig y Würsig, 1979, citados por Irving *et al.*, 1981). Por otra parte Shane (1980) informa de una mayor incidencia de desplazamientos en contra de la marea, especialmente contra el reflujo, en la proximidad del Puerto de Aransas, Texas.

Durante el 2001 la relación inversa, aunque no significativa entre el número de delfines y la temperatura señalan que en este año, deben existir otros factores de importancia. La tendencia del número de delfines y de avistamientos es a mantenerse relativamente constante durante el primer semestre aunque con una ligera tendencia a la baja, coincide con que la productividad primaria es también relativamente estable en toda la bahía, lo cual aparentemente provoca una mayor dispersión de los tursiones hacia la porción media de la bahía. Esto trajo como consecuencia que los avistamientos de delfines se efectuaran más alejados de la costa y en aguas más profundas (Figuras 12 y 13). El descenso en el número de avistamientos y de tursiones a partir del mes de junio se presentó un mes antes a un descenso abrupto en la productividad primaria en toda la bahía. En septiembre de ese año, se presentó el ciclón Julliete en la zona de estudio, evento climático de importancia que posiblemente redujo la productividad primaria en la bahía durante agosto y septiembre. Posteriormente en octubre, la productividad se recuperó con valores similares a los observados durante el primer semestre de ese año. Sin embargo, la abundancia relativa de delfines se mantuvo baja el resto del año e incluso durante los primeros meses del 2002 (obs. pers.). Durante el 2001 la frecuencia de avistamientos de tursiones oceánicos así como el tamaño de los grupos se redujo considerablemente, lo cual podría hacer pensar que la disponibilidad de alimento (sardinias) observada en el 2000 era menor. No obstante lo anterior, en este año se llevan al cabo un mayor número de avistamiento de otras especies de cetáceos que se alimentan de peces como el rorcual tropical (*B. edén*), el rorcual común (*B. physalus*), el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) y del calderón (*Globicephala macrorhynchus*) este último es un delfínido principalmente teutófago.

Como ya se ha mencionado los tursiones en la Bahía de La Paz, han sido observados alimentándose tanto de peces de fondo como de peces pequeños que se agregan en cardúmenes (sardinias y macarelas). El evento del ciclón de septiembre del 2001 trajo consigo una inusual precipitación en la región, lo cual a su vez acarrió una gran cantidad de sedimento a la Ensenada de La Paz y seguramente a una gran parte de la bahía. Es posible que este sedimento provocara la disminución de peces bentónicos y demersales en la ensenada y en la boca de la misma, afectando la



distribución de los tursiones. Si bien no existen datos directos de la abundancia de los peces presa de los tursiones en estas áreas, es conocido que muchas especies de peces habitantes de regiones someras pueden morir principalmente por los daños que los sedimentos en suspensión realizan sobre las branquias (Robinson, 1957), o variar diferencialmente su abundancia (Schwartz, 1999). La modificación en la disponibilidad de algunas especies presa pudo motivar el desplazamiento de los tursiones hacia la región media de la bahía. Por otra parte, la rápida asimilación de los nutrientes acarreados en el sistema marino incrementó rápidamente la productividad pasado el efecto del huracán, lo cual aparentemente fue aprovechado por algunas especies de peces pelágicos como las sardinias y por tanto por sus depredadores como las ballenas y delfines explicando el gran número de avistamientos de tursiones un mes después. La presencia de los calderones se puede explicar por un ingreso a la bahía de cardúmenes de calamares, los cuales también son grandes consumidores de peces.

Bowen y Siniff (1999) mencionan que los factores que afectan la distribución de los mamíferos marinos se pueden dividir en cinco: 1) Hábitat, incluye el tipo de sustrato, temperatura, salinidad, y batimetría; 2) Biológicos, incluyendo la productividad primaria, distribución y abundancia de los depredadores, competidores y presas; 3) Demográficos, esto incluye el tamaño poblacional, edad, sexo y estado reproductivo; 4) Adaptaciones de las especies, incluyen las morfológicas, fisiológicas y conductuales; y 5) Efectos humanos o Antropogénicos, tales como la perturbación, contaminación (tóxicos y sonoros). La integración de los resultados obtenidos durante este trabajo explica los cambios en la distribución de los cetáceos e incluye varios de los factores que Bowen y Siniff (*op cit.*) consideran.

### **Caracterización de la Bahía de La Paz y distribución de los avistamientos.**

Debido a que la división considerada para este trabajo de la Bahía de La Paz, fue relativamente arbitraria, ya que se dividió inicialmente en cuadrantes de cinco por cinco minutos de latitud y longitud, y posteriormente el área completa de la bahía se zonificó de acuerdo a una serie puntos fisiográficos, como se mostró en la sección de área de estudio, surgió la necesidad de corroborar si esta división en cuadrantes estaba relacionada con características oceanográficas y fisiográficas reales, por lo que se realizó el análisis de componentes principales y de discriminantes. Como ya se mostró en los resultados los cuadrantes se agrupan en una manera clara y hay una buena clasificación de los cuadrantes en las tres Zonas, no obstante que durante el 2000 hubo la clasificación errónea de dos cuadrantes. Esta clasificación errónea corresponde a los cuadrantes 4 (Zona 1) y 9 (Zona 2), los cuales fueron visitados en pocas ocasiones y durante estas visitas no hubo avistamientos de tursiones. Esta situación genera índices de abundancia relativa bajos, lo cual es muy similar a lo sucedido en varios de los cuadrantes de la Zona 3, además en el factor 1 en el análisis de

discriminantes la abundancia relativa es una de las variables con mayor peso. Para el año de 2001, la clasificación de los cuadrantes fue 100% correcta.

La designación de los avistamientos en las distintas zonas de la bahía en los dos años estuvo primordialmente asociada al cuadrante y la profundidad media del mismo, esto indica que las condiciones fisiográficas de la bahía tiene un efecto directo en la distribución de los tursiones. La profundidad y distancia a la costa fueron los factores determinantes para que en la Zona 1 hubiera una mayor frecuencia de avistamientos y por tanto índices de abundancia más altos.

### **Agrupaciones de tursiones en la Bahía de La Paz.**

Los tursiones son una especie de delfines con una amplia distribución mundial, tanto costera como oceánica. Esta distribución es prácticamente continua, especialmente en las regiones costeras. La amplia variedad de patrones de distribución espacial y temporal dificulta la definición de unidades poblacionales (Wells y Scott, 1999). El conocimiento somero de la estructura de las poblaciones de tursiones en diversas regiones del mundo dificulta la implementación de planes de manejo específicos Zolman (2002). En México, no obstante los esfuerzos puntuales y aislados por obtener información principalmente sobre el tamaño de algunas agrupaciones tanto en la costa del Atlántico como del Pacífico, se desconoce aún la estructura de poblacional de la mayor parte de estas agrupaciones, debido fundamentalmente a las dificultades técnicas y la carencia de recursos para implementar programas de investigación a largo plazo.

En la región de la Bahía de La Paz, B.C.S., se conocía de la presencia de esta especie por información anecdótica proporcionada por pobladores de la región, sin embargo fue a finales de la década de los 80 que se iniciaron trabajos formales reconociéndose a los tursiones como una especie frecuente en la bahía y empíricamente reconocida como residente (Acevedo, 1989; Urbán *et al.*, 1997). Trabajos posteriores han efectuados esfuerzos por investigar sobre la distribución, residencia, comportamiento y estimación del tamaño de un grupo de tursiones presente en la Ensenada de La Paz (Acevedo, 1989; Marcín, 1997; Díaz, 2001; Valadez, 2002; Rojo, 2002).

Los resultados del presente trabajo indican que la comunidad de tursiones que habitan la Bahía de La Paz está conformada por cuatro agregaciones de delfines que varían en su distribución, tamaño poblacional y frecuencia con la que son observados en la bahía, así como el grado con el que interactúan entre sí.

En primer término se diferenciaron por su morfología y tamaño de grupo tres agrupaciones de tursiones costeros que se distribuyen principalmente en la Ensenada de La Paz, San Juan de La Costa y otro mas en costa Oeste y Suroeste de la Isla Espíritu Santo. Una cuarta agrupación de tursiones, posiblemente conformado por diferentes grupos con origen externo a la bahía, fue identificada como tursiones de la forma oceánica (Fig. 24).

Las agrupaciones consideradas como oceánicas varían de 100 a 300 animales, el número de delfines fotoidentificado de estas agrupaciones es muy pequeño comparado con el total observado, lo cual se relaciona con las dificultades técnicas de identificar individuos en agrupaciones tan grandes. En términos generales la mayor parte de estos delfines han sido vistos y fotografiados en una sola ocasión y solo algunos (11 delfines) en dos ocasiones, lo cual ha coincidido con eventos en los que se mezclan con delfines de la ensenada o de San Juan de la Costa, principalmente durante eventos de alimentación.

La confluencia de delfines de diferentes formas o de localidades costeras contiguas ha sido informada en otras áreas de distribución de los tursiones. El conocimiento de estas mezclas se ha descrito con mayor frecuencia conforme los estudios se vuelven más intensos y extensivos (Scott, Wells e Irving, 1990; Zolman, 2002; Hubard *et al.*, 2004; Shane 2004). Hubard *et al.*, (*op. cit.*) consideran que el ingreso de la forma oceánica a zonas someras y protegidas de Mississippi durante los meses cálidos pudiera estar relacionado con el nacimiento y cuidado de las crías. Lo anterior pudiera explicar la observación de grupos de delfines oceánicos en la Bahía de La Paz en aguas cercanas a la costa en la Zona 1, en las cuales se encontraban hembras con crías recientemente nacidas.

Shane (2004) considera que la mezcla de agrupaciones residentes y de tránsito es un patrón común en localidades donde se ha realizado esfuerzo continuo a lo largo del año. Por otra parte esta autora señala que un factor que favorece la presencia de delfines en tránsito es la fisiografía del cuerpo de agua donde habitan los tursiones, ya que bahías o ensenadas con comunicaciones grandes hacia el mar abierto, favorece el ingreso y tránsito de los delfines de agrupaciones contiguas o migrantes.

La interacción entre agrupaciones oceánicas o costeras contiguas ha sido descrita como breve y con poca interacción en Sarasota (Wells y Scott, 1999), sin embargo en Shark Bay, Australia se han documentado interacciones violentas, sobre todo entre alianzas de machos (Connor *et al.*, 1992). Hasta el momento las observaciones de agrupaciones en las que se han fotoidentificados delfines de ambas formas en la Bahía de La Paz se han restringido a eventos de alimentación, sin que hasta el momento se tenga evidencia de interacciones agresivas.

El alto porcentaje de hembras con crías recientemente nacidas que pertenecen al grupo de la ensenada, pudiera indicar que esta es una agregación conformada principalmente por hembras, sus crías y los juveniles que aún no se desligan de la madre. Lo cual es similar a lo observado en algunas otras localidades costeras del mundo (Scott, Wells e Irving, 1990). Por otra parte, la menor proporción de hembras con crías en la agrupación oceánica pudiera explicarse por una relación más equitativa en los sexos y por una conformación más heterogénea, es decir que existen una mayor proporción de otras clases de edades y sexos como machos adultos, machos juveniles y hembras no reproductivas. Esto pudiera verse reforzado por la característica de estos delfines de tener una alta incidencia de cicatrices debidas a marcas con dientes. Estas cicatrices se explicarían con una mayor presencia de machos adultos y su necesidad de establecer niveles jerárquicos en las diferentes agrupaciones.

### Abundancia relativa y absoluta.

Los índices de abundancia relativos tanto de avistamientos como de delfines por Km, muestran una tendencia distinta en el tiempo. En el 2000 durante abril y agosto, aún eliminando los delfines oceánicos, se observan valores altos, los cuales bajan rápidamente después del máximo. En el caso del 2001, la abundancia relativa es alta durante el invierno, decreciendo hacia la primavera y alcanzando un máximo en el verano decayendo posteriormente. Los valores de abundancia relativamente altos a principios de año está relacionado con dos factores importantes; altas concentraciones de clorofila *a* (alta productividad primaria) y con un incremento en los nacimientos de crías, esto último también se encuentra relacionado con el ingreso de delfines a la bahía. Como ya se ha indicado con anterioridad, este ingreso de otras agregaciones es independiente de los delfines oceánicos, ya que la tendencia se mantiene aún después de ser eliminados estos últimos.

Variaciones estacionales importantes en los indicadores de la abundancia han sido informadas para otras regiones y en la mayor parte de los casos está asociada a la variación en la disponibilidad del alimento (Shane, 1980; Zolman, 2002; Scott *et al.*, 1990; Hubard, 2004; Shane, 2004), aunque la temporalidad varía por la estacionalidad que se presenta de forma diferencial latitudinalmente y por los regimenes oceanográficos de las diferentes cuencas oceánicas. En el caso particular de las localidades ubicadas en la costa del Atlántico de los Estados Unidos, estas variaciones se han asociado también con los movimientos migratorios estacionales de la población costera, la cual incluso ha sido definida con fines de manejo como el “Stock costero migratorio” (CMS, por sus siglas en inglés).

Las estimaciones absolutas de los tursiones de la Bahía de La Paz se realizaron empleando los modelos de Bailey y Jolly-Seber, con el propósito inicial de comparar los valores generados por un modelo para poblaciones cerradas y uno para poblaciones abiertas. Por otra parte esto permitió comparar las estimaciones realizadas con anterioridad para esta agregación de delfines por Díaz (2001) y por Valadez (2002).

La estimación obtenida durante el 2000, mediante el modelo de Bailey para poblaciones cerradas, presenta un tamaño poblacional promedio de 142 tursiones, con un mínimo de 94 y un máximo de 190 delfines. Mientras que durante el 2001, las estimaciones tuvieron IC muy amplios que no permiten evaluar el tamaño mínimo. El promedio estimado con el modelo de Bailey fue de 279, con un máximo de 667 tursiones. El ingreso de delfines de la forma oceánica produjo una variación importante en las probabilidades de captura generando sesgos (posiblemente sobre estimaciones), lo cual es particularmente notable en las estimaciones del 2001. No obstante, es importante hacer notar que estas estimaciones son similares a las obtenidas por el programa SOCPROG, al considerar al conjunto de datos como provenientes de una población cerrada y al invertir el valor obtenido para las tasa de identificación en los dos años. Lo anterior pudiera indicar que, aún con el ingreso de delfines

oceánicos y el hecho de que no se pudieron identificar a todos los integrantes de dichos grupos, las estimaciones están principalmente influidas por las capturas y recapturas de los delfines locales.

Las estimaciones previas efectuadas por Díaz (2001) para 1998 con el modelo de Bailey, van desde 34 a 42 tursiones, con límites del  $IC_{95\%}$  que van de 29 a 48. Mientras que en 1999 estas estimaciones variaron de 29 a 52 tursiones, con límites del  $IC_{95\%}$  de 75 a 104 delfines.

Las estimaciones realizadas por Valadez (2002) con el mismo modelo, cubren un periodo que va desde 1990 a 1994. El tamaño poblacional encontrado por esta autora varían desde 35 tursiones ( $IC_{95\%}= 21 - 50$ ) en el periodo 1990-1991, hasta 180 ( $IC_{95\%}= 121 - 238$ ) en 1993-1994.

Como se puede apreciar, las estimaciones de estos dos autores son menores a las informadas en el presente trabajo, lo cual se explica principalmente porque las identificaciones con las que trabajaron se restringen a delfines FID en la Ensenada de la Bahía de La Paz, y como ya se ha mostrado en el presente trabajo estos delfines son solo una parte de los tursiones que habitan la Bahía de La Paz.

Una situación similar se observa al comparar las estimaciones realizadas por estos dos autores empleando el modelo de Jolly-Seber para poblaciones abiertas. Díaz (*op. cit.*) obtuvo una estimación de 33 ( $IC_{95\%}= 26 - 40$ ) tursiones para 1998 y un promedio de 29 ( $IC_{95\%}= 20 - 38$ ) para las estimaciones de 1999.

Valadez (2002) obtuvo las siguientes estimaciones; para 1991 de 39 tursiones ( $IC_{95\%}= 32 - 45$ ), en 1992 de 49 ( $IC_{95\%}= 35 - 63$ ) y de 84 tursiones ( $IC_{95\%}= 69 - 98$ ) para 1993. De nueva cuenta estas estimaciones son inferiores a las del presente trabajo para 2000 de 140 tursiones ( $IC_{95\%}= 94 - 185$ ) y de 550 para el 2001, aunque por desgracia en este último año no se pudo calcular el IC.

En las estimaciones realizadas con el modelo de población abierta, nuevamente es evidente el efecto que la entrada de delfines oceánicos tiene en las estimaciones, al obtenerse IC grandes en los meses de junio y agosto del 2000. En el mes de junio del 2000 es cuando se obtiene la menor proporción de delfines recapturados y hay un alto número de delfines nuevos.

Durante el 2001, no obstante que el promedio es alto (550 tursiones), está marcadamente influenciado por la alta estimación realizada en junio (2205 tursiones). Al observar las estimaciones realizadas para los meses previos a junio, es evidente que estas son muy similares entre si, las cuales varían de 148 a 163. Esta similitud no solo se refiere en los valores absolutos sino en los IC, por lo que se considera que las estimaciones de febrero, marzo y mayo representan mejor el tamaño poblacional para el 2001.

### **Asociaciones de tursiones en la Bahía.**

Como ya se ha mostrado la comunidad de tursiones que es posible encontrar en la Bahía de La Paz, está conformada por grupos de delfines tanto oceánicos como costeros, este hecho facilita el encuentro e interacción entre las agrupaciones. No obstante, estas interacciones no son de largo plazo y parecen estar relacionadas al aprovechamiento de dos tipos de recursos, el alimento y el uso

de áreas protegidas y someras para la reproducción. Lo anterior es de esperarse en una especie altamente plástica y adaptable como lo son los tursiones. Distintos datos obtenidos durante los dos años de estudio, como los índices de asociación y la baja frecuencia con la que son re-observados un gran número de delfines fotoidentificados, han sido indicadores de que la comunidad de tursiones de la Bahía de La Paz es dinámica, conformada por dos tipos de grupos; el primero, que esta compuesto por los delfines residentes de la bahía (Ensenada de La Paz y posiblemente los de San Juan de La Costa) y por otros grupos que visitan temporalmente la bahía (Oceánicos). La interacción que se presenta entre estos grupos es temporal dado que se ha registrado principalmente durante episodios de alimentación, después de lo cual generalmente los delfines oceánicos tienden a desplazarse nuevamente hacia el exterior de la bahía a través de la Boca Grande, ubicada entre la Isla Espíritu Santo y El Mechudo (Obs. Pers.).

La estructura de la comunidad de tursiones de la Bahía de La Paz es una mezcla entre las comunidades reconocidas como Residentes y Estables como se ha llamado a la de Sarasota (Wells *et al.*, 1980, Irving *et al.*, 1981; Scott *et al.*, 1990; Wells, 1991; Shane, 2004) y las comunidades abiertas en las que hay una mezcla de delfines residentes y de tránsito, formando lo que es reconocido como una comunidad de "fisión y fusión". Es decir, que esta es una comunidad formada por subunidades sociales que cambian frecuentemente de composición, como sucede en Carolina del Norte, Escocia, Mississippi y Sanibel, Fl. (Zolman, 2002; Eisfeld, 2003; Hubard *et al.*, 2004; Shane 2004).

Al comparar los dos años las tasas de asociación (Fig. 30 y 33, respectivamente) en ambos casos se observa una disminución marcada que se estabiliza entre el 3 y 4 mes (periodo). En el año 2000 este decremento en la tasa de asociación se puede asociar al ingreso de delfines oceánicos, especialmente en marzo, aunque hay nuevamente entrada de grupos oceánicos a la bahía durante agosto, esto aparentemente no tiene un efecto tan marcado posiblemente debido a que el número de animales fotoidentificado y reconocido como residente ya se había incrementado para ese entonces, ayudando a que el ajuste de las tasas de asociación para ese tiempo se mantuviera relativamente estable. En el caso de 2001 el marcado descenso de las tasas de asociación se relaciona con un elevado número de delfines identificados en los primeros meses del año, los delfines oceánicos se observan en la bahía hasta mayo y junio de ese año, su efecto no es evidente en las tasas de asociación, posiblemente por el número de recapturas que ya se tienen.

Durante estos dos años los modelos tienen en común la existencia de compañías constantes (delfines residentes) y relaciones casuales (otras agrupaciones, oceánicas y costeras). La diferencia entre los dos años se encuentra en que durante el 2000, el modelo incluye otro factor que es la disociación rápida, posiblemente debida a las pocas recapturas que se tuvieron hasta ese momento y al ingreso de grandes grupos de delfines oceánicos.

### **Aspectos reproductivos.**

Se ha mencionado que la reproducción de los tursiones en la mayor parte de su intervalo de distribución se realiza a lo largo de todo el año, aunque se pueden observar uno o dos picos de nacimientos, lo cual se ha descrito como un “reproducción estacional difusa” (Wells y Scott, 1999). Esta puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales, en cuyo caso es posible observar un gradiente latitudinal en la reproducción asociado a los meses más cálidos. Contrario a lo que se espera para una localidad como la Bahía de La Paz, donde el máximo registrado de crías recientemente nacidas se presenta en los meses fríos del año, la tendencia negativa en la correlación con la temperatura, aunque no significativa, es indicativa de que en la bahía los tursiones están naciendo principalmente en la temporada fría. Si bien la distribución de las hembras con crías en zonas someras atenúa el efecto de la temperatura, al ser calentadas estas más rápidamente, es también cierto que la temperatura pocas veces se encuentra por debajo de los 18 o 19 °C en el mes más frío, lo cual es una diferencia considerable con otras localidades donde se distribuye el género *Tursiops* como la costa este de los Estados Unidos, Argentina o Escocia, en donde la temperatura en los meses fríos es más baja.

Se ha señalado que las estimaciones de fechas de nacimientos a través de la fotoidentificación deben ser tomadas con precaución dado que puede existir un sesgo debido a un esfuerzo desigual y discontinuo durante la fotoidentificación (Urián *et al.*, citado por Fernández y Hohn, 1997).

### **CONSIDERACIONES FINALES**

Durante los últimos 15 años el manejo de los tursiones en las aguas patrimoniales de México ha estado a cargo de los órganos gubernamentales administradores de los recursos naturales, los cuales básicamente han sido tres; la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Pesca (SEPECSA) y posteriormente la secretaría producto de la integración de estos dos; la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Generalmente el manejo se fundamentó en la asignación de cuotas en áreas específicas asignadas para la captura, ya sea seleccionadas por recomendación de grupos de investigación asesores o a solicitud expresa de las empresas usuarias del recurso tursiones. Estas cuotas se establecieron considerando el tamaño de la población como único parámetro, para su estimación y se emplearon diferentes procesos, desde una estimación discrecional, hasta técnicas específicas como el Potencial Biológico de Remoción (PBR). En 1995 un grupo de investigadores del Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Facultad de Ciencias de la UNAM, preocupados por la creciente demanda de delfines para exhibición y por la dificultad para obtener información científica necesaria para un adecuado manejo del recurso, proponen a la Secretaría de Pesca una estrategia de investigación que permitiera garantizar la investigación adecuada y de nivel, así como el uso sostenible del recurso. En ese tiempo el plan



consistía recopilar la información hasta entonces existente de las diferentes poblaciones estudiadas, revisarla y establecer cuotas de extracción para aquellas poblaciones cuyo tamaño poblacional, su historia de extracciones y la calidad de la información lo permitiera. A la vez se planteaba realizar investigaciones más profundas y a largo plazo que permitieran conocer otros parámetros poblacionales de importancia en el manejo de los delfines. Se proponía que los recursos económicos generalmente invertidos por las compañías usuarias del recurso en las estimaciones de poblaciones para conseguir sus permisos de captura fueran canalizados a ese proyecto de largo plazo. Desafortunadamente las diferencias existentes entre las compañías, las dificultades administrativas y la carencia de una figura jurídica que permitiera mantener dicho proyecto, imposibilitaron su desarrollo. No obstante, durante 1998 la empresa Centro de Reproducción de Mamíferos Marinos (CEREMM) se comprometió a apoyar un proyecto sobre tursiones a largo plazo, cuyos resultados en una primera etapa son los que se presentan en este trabajo.

Las investigaciones a largo plazo realizadas sobre tursiones en otras partes del mundo han mostrado la importancia de conocer aspectos básicos de la biología de los delfines tales como la distribución, abundancia relativa y/o absoluta, la temporalidad de la reproducción, las tasas de reproducción, los desplazamientos de los individuos, la inmigración y emigración, las tasas de mortalidad, el uso del hábitat, identificar los límites de la población (discrecionalidad de la población o stock), la estructura de la población y las relaciones que estas poblaciones guardan respecto a otras próximas, así como el estado de salud de la población. En este sentido el presente trabajo ha permitido conocer que la comunidad de tursiones que habitan o visitan temporalmente la Bahía de La Paz, B.C.S., está conformada por cuatro agregaciones de tursiones reconocidos por el área que ocupan en la bahía estas son; 1) los tursiones que habitan en la Ensenada de La Paz, 2) los tursiones de San Juan de La Costa, 3) los tursiones de la Isla Espíritu Santo y 4) los tursiones oceánicos ( esta última reconocida también por rasgos morfológicos y de hábitat).

La diferencia observada en el tamaño de las distintas agrupaciones, hace evidente que el uso de este recurso debe considerarse cuidadosamente para el establecimiento de una cuota de captura en esta región, o en cualquier otra en la que se presenten diferentes agregaciones con origen y tamaños distintos. No hacerlo pone en riesgo una o varias de estas unidades, ya que al establecerse alguna cuota de captura sin hacer una diferenciación entre los grupos, podría llevar a la extracción de una parte importante de las agrupaciones de menor tamaño y residentes de la zona.

Los límites del área ocupada por cada uno de estos grupos son aún tentativos, ya que con la fotoidentificación solo se han podido establecer los desplazamientos que algunos de los delfines de la Ensenada realizan en el interior de la bahía.

El origen y distribución del grupo de delfines oceánicos no se ha podido determinar dado que el área de estudio no contemplaba aguas oceánicas del exterior de la bahía; por otra parte, el seguimiento e identificación de estos grupos requeriría de una investigación específica y de técnicas de radio telemetría generalmente son costosas.



La distribución de los tursiones de la Bahía de La Paz ha mostrado una preferencia por utilizar las Zonas 1 y 2 (región interior y media de la bahía), las cuales son en términos generales más someras y protegidas. Los datos de distribución, las observaciones de campo y los eventos oceanográficos señalan que la zona de transición entre estas dos zonas es de importancia en la alimentación tanto de los delfines de la forma costera como de la oceánica, este es un elemento de importancia a considerar en los planes de manejo de los tursiones ya que se debe de prestar atención a las áreas críticas de las cuales hacen uso los delfines.

Se detectó una mayor presencia de tursiones en la Bahía de La Paz durante el verano, lo cual en términos generales puede señalar el ingreso de diferentes agrupaciones a la bahía, siendo este un elemento importante de considerar en el manejo y conservación de tursiones con miras a prever la sobreexplotación de estos delfines.

Los nacimientos de los tursiones de la Bahía de La Paz se realizan durante todo el año, observándose un incremento considerable durante los meses fríos debido principalmente a los nacimientos de las crías de los tursiones oceánicos. Mientras que en el grupo de la ensenada los nacimientos tienen un máximo durante los meses cálidos (verano) (Rojo, 2002). Esta diferencia en la estacionalidad de la reproducción, es otro elemento de importancia en el manejo de la especie ya permitirá regular el momento de una posible actividad de captura, la cual debería de realizarse en los meses fuera del máximo de nacimientos. La distribución de las hembras con sus crías, principalmente en el interior de la bahía y ensenada indican la importancia de estas regiones en un etapa crucial en la vida de los tursiones, por lo que también deberían ser áreas consideradas cuidadosamente en un plan de manejo de la especie y en los planes de desarrollo de la región.

La presencia de grupos de delfines oceánicos que interactúan con delfines costeros, plantea retos importantes y prioritarios de investigar desde la perspectiva de la genética y biología molecular, ya que es necesario determinar el grado de interacción que existe entre estos dos ecotipos, lo cual establecería bases firmes en el proceso de un adecuado manejo de la especie. En una primera instancia, es de vital importancia determinar el sexo de los delfines identificados como una medida crucial en la comprensión de los diferentes patrones conductuales, especialmente los relacionados con las organización y estructura social, estrategias de reproducción y de uso de los recursos. Este es un proceso que ya se ha iniciado en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California Sur y deberá generar información valiosa a corto plazo.

En el inicio del presente estudio se planteó una hipótesis nula en la que se establecía que; dada la conocida plasticidad de los tursiones que les ha permitido adaptarse a un gran número de condiciones ambientales, debería de existir cierta independencia del medio y que estos no modificarían algunos de sus parámetros biológicos básicos.

Los resultados obtenidos permiten rechazar la hipótesis planteada, en virtud de que varios de los parámetros estimados tuvieron variaciones que de una u otra manera están relacionados con cambios en las condiciones ambientales. Si bien muchos de estos cambios tienen una mayor influencia en la disponibilidad y abundancia de las presas, esto trae como consecuencia cambios en la abundancia y

distribución principalmente de los tursiones costeros, así como cambios en la presencia y ausencia de otras agrupaciones, como es el caso de los delfines oceánicos.

De la misma forma, estos resultados son los primeros indicadores de diferentes parámetros biológicos de una comunidad de tursiones que se estudia de forma extensiva en México, ya que se les conoce y se les ha estudiado en mayor o menor medida desde 1987. La investigación relativamente intensiva que se ha realizado durante los dos años del presente estudio, son el inicio de una investigación a largo plazo necesaria para profundizar en el conocimiento de estos organismos longevos y con tasas de reproducción baja.

Scott, *et al.* (1990) señalan que las conclusiones obtenidas a partir de estudios de corto plazo generalmente requieren de revisiones constantes y señalan la importancia de proyectos de investigación inter y multidisciplinarios que amplíen la perspectiva de la investigación. Debido a lo anterior, es recomendable hacer el esfuerzo por mantener programas de investigación a largo plazo, especialmente en poblaciones de tursiones donde ya se cuente con bases de datos e información previa, así como en distintas regiones de la costa de México, donde las condiciones ambientales pueden generar diferencias en los patrones básicos observados.

## RECOMENDACIONES.

- Continuar con el trabajo de fotoidentificación de los tursiones de la Bahía de La Paz.
- Mantener un esfuerzo semi-intensivo en la zona a fin de obtener información sólida sobre distribución, abundancia, y la variación en el tiempo.
- Efectuar capturas de los delfines a fin de obtener muestras biológicas necesarias para conocer parámetros reproductivos, estado de salud, estructura de edades y sexo.
- Hacer estudios de alimentación, mediante el sondeo de los estómagos de los delfines capturados o mediante técnicas moleculares.
- Colocar radio marcas a delfines seleccionados *a priori* con el fin de responder preguntas específicas sobre el uso diferencial del ambiente por sexos.
- Conocer la estructura genética de los tursiones de la bahía y de aquellos que la visitan estacionalmente para establecer las relaciones que existen entre ellos.
- Efectuar prospecciones aéreas y por embarcación en áreas costeras y oceánicas aledañas a la Bahía de La Paz, con el fin de conocer la distribución general de otras agrupaciones de tursiones vecinas.
- Establecer grupos de trabajo multidisciplinarios que permitan efectuar aproximaciones amplias e integrales de la biología de la especie.

## CONCLUSIONES

La distribución de los tursiones en la Bahía de La Paz, presenta una clina (Norte-Sur), siendo más frecuentes en la Zona 1 (interior y ensenada), seguido por la Zona 2 (región media y del Canal).

En términos generales hubo un mayor número de avistamientos en el verano de 2000 y en el 2001 y una tendencia decreciente, tanto en el número de delfines como de avistamientos, posterior al verano.

Hay en la región central de la bahía y frente al Canal de San Lorenzo una confluencia de agrupaciones de tursiones costeros y oceánicos donde se ha observado eventos de alimentación.

La distribución de los tursiones en la bahía obedece principalmente a la alimentación, reproducción y protección de las crías.

Las condiciones fisiográficas de la bahía tiene un efecto directo en la distribución de los tursiones, siendo la profundidad y la distancia a la costa los factores de mayor peso.

La correlación efectuada entre la abundancia relativa con la productividad primaria fue positiva y significativa con un desfase de un mes.

La temperatura del mar (T°C) no tuvo una relación significativa con la distribución y abundancia de los tursiones.

La marea mostró la correlación significativa más alta en las Zonas 1 y 2 ( $r= 0.33$  y  $0.55$ ), ambas significativas y relacionadas con el descenso y ascenso.

El análisis de componentes principales mostró que en el 2000 las variables; abundancia relativa y la temperatura tuvieron mayor importancia en la caracterización de las zonas de la bahía. En el 2001 fue la productividad primaria, temperatura de la superficie del mar y abundancia relativa.

En los avistamientos, el análisis de componentes indicó que, durante el 2000, las variables cuadrante, profundidad media, y condición del mar, explican la distribución de los avistamientos en las zonas preestablecidas. En el caso del 2001 las variables de importancia fueron el cuadrante, profundidad media, temperatura de la superficie del mar y la distancia a la costa.

Se han identificado cuatro agregaciones de tursiones en la Bahía de La Paz, los delfines de la Ensenada, los de San Juan de la Costa, los de la Isla Espíritu Santo y el grupo Oceánico.

Los tursiones de la Bahía de La Paz tendieron a formar agregaciones con relaciones a largo plazo, pero en los dos años hay un componente de relaciones casuales, las cuales pueden estar relacionadas con la presencia de delfines externos a la bahía.

Durante el 2000 los índices de asociación tienen una componente de disociaciones rápidas entre los delfines.

Las observaciones directas señalan que los tursiones se alimentan tanto de especies de peces demersales en la ensenada y aguas someras de la Zona 1, como de sardinas y macarelas entre la Zona 1 y 2.

En la temporada fría se presenta la mayor incidencia de crías pequeñas, lo que coincide con la mayor cantidad de hembras fotoidentificadas, por lo que esta es una temporada importante para la reproducción de la especie en esta bahía.

## REFERENCIAS

- Acevedo G., A. Uso del área por el tursión (*Tursiops truncatus*) en la Ensenada de La Paz, durante el verano de 1987. Tesis de Licenciatura. UABCS. México. 106 pp.
- Alvarez F., C. M., D. Castillo I. y M. A. Salinas Z. 1996. Determinación del estado actual, uso del área y recomendaciones para la regulación de las actividades de extracción en un stock de Tursiones, *Tursiops truncatus*, en la región Noreste de la Península de Yucatán. Reporte final de Investigación, bajo contrato de CONVIMAR, S.A. DE C.V. No publicado. 23 p.
- Amos, W. y A. R. Hoelzel. 1991. Long-term preservation of whale skin for DNA analysis. Rep. Int. Whal. Commn. Sepc. Iss. 13:99-103.
- Arnason, A. N., L. Baniuk, C. J. Schwarz y G. Boyer. 1998. POPAN-5: ANALYSIS OF MARK-RECAPTURE DATA. Dept. of Computer Science. The University of Manitoba. Canada. ftp.cs.umanitoba.ca (/pub/popan) <http://www.cs.umanitoba.ca/~popan>
- Ballance T., L. 1990. Residence patterns, group organization, and surfacing associations of Bottlenose Dolphins in Kino Bay, Gulf of California, México. En: Leatherwood, S. y R. R. Reeves. (Editors). The Bottlenose Dolphin. Academic Press, Inc. San Diego, CA. 267-283.
- Bejder, L., D. Fletcher y S. Bräger. 1998. A method for testing association patterns of social animals. Animal Behaviour. 56, 719-725
- Bowen, W.D. y D.B. Siniff. 1999. Distribution, Population Biology and Feeding Ecology of Marine Mammals. Cap. 9, pp. 423-484. In: J. E. Reynolds III, y S.A. Rommel (Eds.). 1999. Biology of Marine Mammals. Smithsonian Institution Press. WA, USA. 578 pp.
- Connor, R. C., R. A. Smolker, y A. Richards. 1992. Two level of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.). Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Vol. 89:987-990.
- Connor, R.C., R.S. Wells, J. Mann y A.J. Read. 2000. The bottlenose dolphin. Social relationships in a fission-fusion society. Cap 4. In: Mann, J., R.C. Connor, P.L. Tyack y H. Whitehead (Ed.). 2000. Cetacean societies. Field studies of dolphins and whales. The University of Chicago Press. Chicago, Il. 343 pp.

- De la Cruz-Agüero, G. y R. Rodríguez-Sánchez. 2000. Costas de México: Auxiliar para geo-referir localidades costeras en la República Mexicana. Programa Versión 1.5 y Manual del usuario. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México.
- Díaz G., R. 2001. Tamaño poblacional y residencia de las toninas (*Tursiops truncatus*) en la Ensenada de La Paz. B.C.S., 1998-1999. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. 77 pp.
- Díaz G., R. 2003. Diferenciación entre tursiones *Tursiops truncatus* costeros y oceánicos en el Golfo de California por medio de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 62 pp.
- Dice, L. R. 1945. Measures of the amount of ecology associations between species. *Ecology*, 26(3): 297-302.
- Eisfeld, S. M. 2003. The social affiliation and group composition of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the outer southern Moray Firth, NE Scotland. Tesis de Maestría. School of Biological Sciences. University of Wales, Bangor. 85 pp.
- Evans, P.G.H. 1987. The Natural history of whales and dolphins. Facts on File, Ed. G.B. 343 pp.
- Fernández, S. y A. A. Hohn. 1988. Age, growth, and calving season of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, off coastal Texas. *Fishery Bulletin* 96:357-365.
- Frohoff, T.G. 2000. Behavioral indicators of stress in odontocetes during interactions with humans: a preliminary review and discussion. IWC. SC/52/WW2, 20 pp.
- González, J.L. 2001. Predicción de Mareas. MAR V 0.32. Oceanografía Física. CICESE. Ensenada, México. (<http://oceanografia.cicese.mx/predmar/index.html>)
- Hammond, P.S. 1986. Estimating the size of naturally marked whale populations using capture-recapture techniques. Pp. 253-282. *In*: G.P. Donovan (Ed.). Behaviour of whales in relation to management. Special Issue 8 of the Int. Whal. Commn. Cambridge. 282 pp.
- Hammond, P.S., S.A. Mizroch y G.P. Donovan (Eds.). 1990. Individual Recognition of cetaceans: Use of Photo-identification and other techniques to estimate population parameters. IWC Special Issue No. 12 i-v + 440 pp.

- Heithaus, M.R. y L.M. Dill. 2002. Food Availability and Tiger Shark Predation Risk Influence Bottlenose Dolphin Habitat Use. *Ecology*, 83(2): 480-491
- Hubbard, C.W., K. Maze-Foley, K. D. Mullin y W. W. Schroeder. 2004. Seasonal abundance and Site fidelity of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Mississippi Sound. *Aquatic Mammals* 30(2): 299-310.
- Irvine, A. B., M. D. Scout, R. S. Wells y J. H. Kaufmann. 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fishery Bulletin*: Vol. 79 No. 4: 671-688.
- Jiménez-Illescas, A. R. 1997. Oceanografía física de la Bahía de La Paz, B.C.S. pp. 31-41. *In*: Urbán R., J. y M. Ramírez R. (Eds). 1997. La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. 345 pp.
- Klinowska, M. 1991. Dolphins, Porpoises and Whales of the World. The IUCN Red Data Book. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. *Viii+429 pp*
- Manly, B.F.J. 1995. A note on the analysis of species co-occurrences. *Ecology*, 76(4):1109-1115.
- Marcín M., R. 1997. Comportamiento del Tursión (*Tursiops truncatus*, Montagu 1821) en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 71 pp.
- Mead, J.G., C.W. Potter. 1990. Natural history of bottlenose dolphins along the central Atlantic coast of the United States. Cap. 9. *In*: Leatherwood, S. y R. R. Reeves. (Editors). The Bottlenose Dolphin. Academic Press, Inc. San Diego, CA. 653 pp
- Obeso N., M. 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis Doctoral. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 337 pp.
- Ortega, O. J. G. 1996. Distribución y abundancia de las toninas (*Tursiops truncatus*) en la Bahía de Ascensión, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría, Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. 82pp
- Reynolds, J.E. III., R.S. Wells y S.D. Eide. 2000. The bottlenose dolphin: biology and conservation. University Press of Florida. Gainesville, Fl., 288 pp.

- Richards, A. F. 1996. Life history and behavior of female dolphins (*Tursiops* sp.) in Shark Bay, Western Australia. Doctor of Philosophy Dissertation. University of Michigan. USA. 226 p.
- Robinson, C.R. 1957. Effects of Storms on the Shallow-water fish fauna of Southern Florida with new records of fishes from Florida. Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean. Vol. 7, No. 3: 266-275.
- Rojó A., L. C. 2002. Tasas de reproducción e intervalos de nacimiento del tursión, *Tursiops truncatus*, (Montagu, 1821) en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis Profesional. Universidad de Baja California Sur. México. 56 pp.
- Seber, G. A. F. 1982. The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. Charles Griffin & Company. London. 653 pp.
- Schwartz, F.J. 1999. Effects of hurricanes on the persistence of fishes inhabiting Mollet Pond, Shackleford Bank, North Carolina. The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, 115(3): 152-156.
- Scott, M.D., R.S. Wells y A. B. Irving. 1990. A long-term study of bottlenose dolphins on the West coast of Florida. Cap. 11. In: Leatherwood, S. y R. R. Reeves. (Editors). The Bottlenose Dolphin. Academic Press, Inc. San Diego, CA. 653 pp
- Selzer, L.A. y P.M. Payne. 1988. The distribution of white-sided (*Lagenorhynchus acutus*) and common dolphins vs. Environmental features of the continental shelf of the northeastern United States. Mar. Mamm. Sci. 4(2):141-153
- Shane, S. H. 1980. Occurrence, movements, and distribution of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in southern Texas. Fishery Bulletin (US) 78:593-601.
- Shane, S.H. 2000 Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel, Florida. Pp. 245-265. In: Leatherwood, S. y R. R. Reeves. (Editors). The Bottlenose Dolphin. Academic Press, Inc. San Diego, CA. 653 pp.
- Shane S. H. 2004. Residence patterns, group characteristics, and association patterns of bottlenose dolphins near Sanibel Island, Florida. Gulf of Mexico Science. 2004(1): 1-12.
- Smoker, R.A., A. F. Richards, R. C. Connor y J. W. Pepper. 1992. Sex differences in patterns of association among Indian Ocean bottlenose dolphins. Behaviour 123 (1-2):38-69

- Urbán R., J., A. Gómez Gallardo U., M. Palmeros R. y G Vázquez C. 1997. Los Mamíferos Marinos de La Bahía de La Paz, B.C.S. pp. 201-236. *In*: Urbán R., J. y M. Ramírez R. (Eds) 1997. La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. La Paz, B.C.S., México. 345 pp.
- Valadez S., M.S. 2002. Abundancia y residencia del tursión, *Tursiops truncatus* (Cetacea:Delphinidae) en la Ensenada de La Paz, B.C.S. 1989-1994. Tesis Profesional. UABCS. México. 56 pp.
- Villavicencio G., C.J. 1996. Pesquería del Tiburón y Cazón. 305-316. *In*: Casas V., M. y G. Ponce D. (Eds.). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Vol. 1. SEMARNAP., Gobierno del Estado de Baja California Sur, FAO, INP, UABCS, CIB, CICIMAR,CETMAR. La Paz, B.C.S. 350 pp.
- Wells, R. S. 1991. The role of long-term study in understanding the social structure of a Bottlenose dolphin community. *En*: Pryor, K. y K. Norris. Dolphin Societies. L.A., CA. University of California Press. Vol. 6: 199-225
- Wells, R. S. 1993. The marine mammals of Sarasota Bay. Chapter 9, pp. 9.1-9.23. *In*: Sarasota Bay: 1992. Framework for Action. Published by the Sarasota Bay National Estuary Program. 1550 Ken Thompson Parkway, Sarasota, FL 34236.
- Wells, R.S. Y M.D. Scott. 1999. Bottlenose Dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). Cap. 7. *In*: Ridgway, S.H. y Harrison, R., F.R.S. (Ed.). 1999. Handbook of Marine Mammals. Vol 6. The second book of dolphins and the porpoises. Academia Press. London.
- Wells, R. S., A. B. Irvine y M. D. Scott. 1980. The social ecology of inshore Odontocets. *In*: L. M. Herman (Ed.). Cetacean behavior: Mechanisms and functions. New York. John Wiley & Sons
- Whitehead, H. 1997. Analyzing animal social structure. *Anim. Behav.* 53:1053-1067.
- Whitehead, H. 1999. Testing association patterns of social animals. *Anim. Behav.* 57:f26-f29.
- Whitehead, H. 1999. Programs for the analysis of animal social structure (SOCPROG ver. 1.3). <http://www.dal.ca/~hwhitehe/social.htm>.
- Whitehead, H. 2001. Analysis of animal movements using opportunistic individual identifications: Application to Sperm whales. *Ecology*, 83(5): 1417-1432.



Würsig, B. 1978. Occurrence and group organization of Atlantic bottlenose porpoises (*Tursiops truncatus*) in an Argentina Bay. Biol. Bull (Woods Hole) 154:348-359.

Würsig, B. y M. Würsig, 1977. Photographic determination of group size, composition and stability of coastal porpoises, *Tursiops truncatus*. Science. 198:755-756.

Zolman, E.S. 2002. Residence Patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Stono River Estuary, Charleston County, South Carolina, USA. Mar. Mamm. Sci. 18(4):879-892.

ANEXO I.

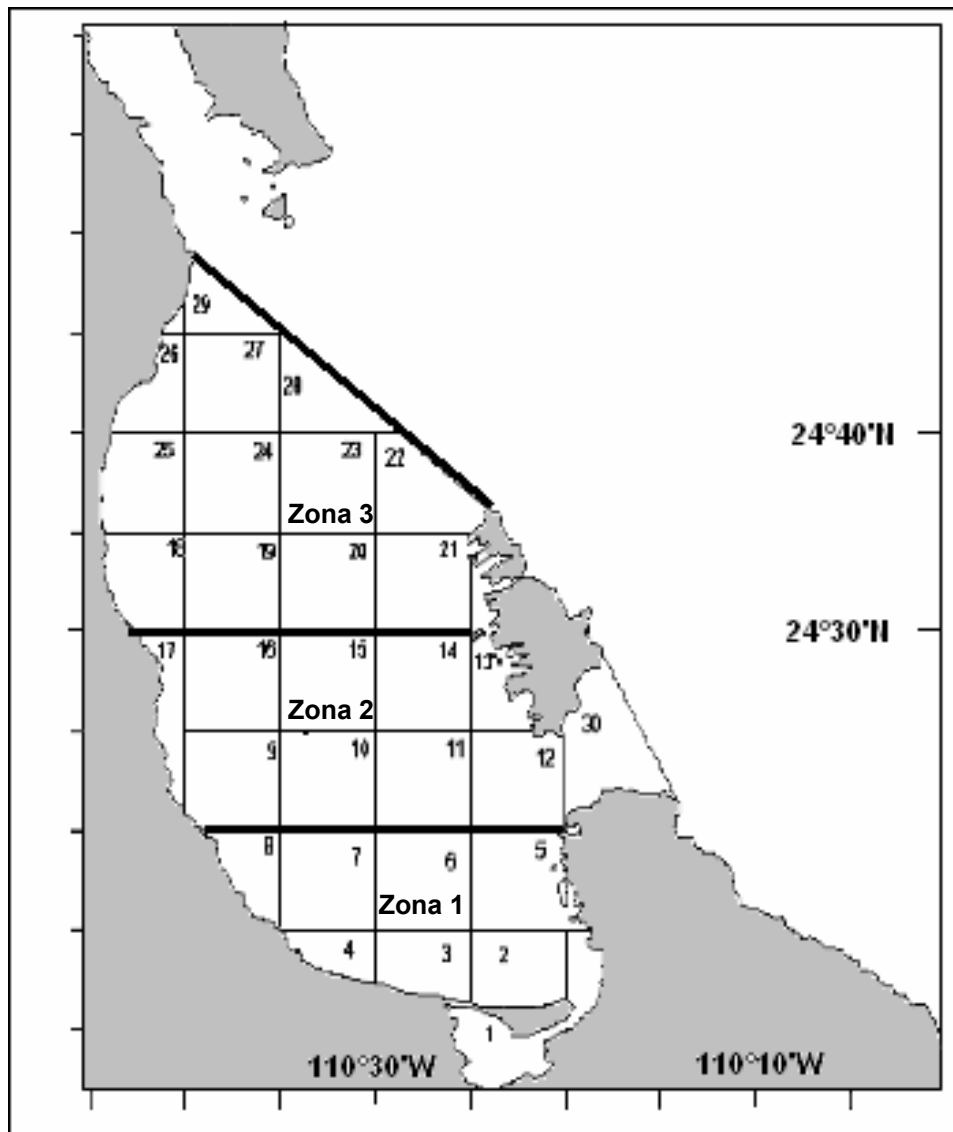


Figura I. Mapa de la Bahía de La Paz, dividido en Zonas (límites marcados por líneas gruesas) y Cuadrantes.

**ANEXO II. Análisis de Varianza para el Esfuerzo**

Tabla II. 1. Estadísticos del Análisis de varianza para en esfuerzo realizado entre años en la Bahía de La Paz, B.C.S.

	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
	<b>Effect</b>	<b>Effect</b>	<b>Effect</b>	<b>Error</b>	<b>Error</b>	<b>Error</b>		
<b>Esf Tot (Km)</b>	7210.53	1	7210.53	190744.41	22	8670.20	0.83	0.37

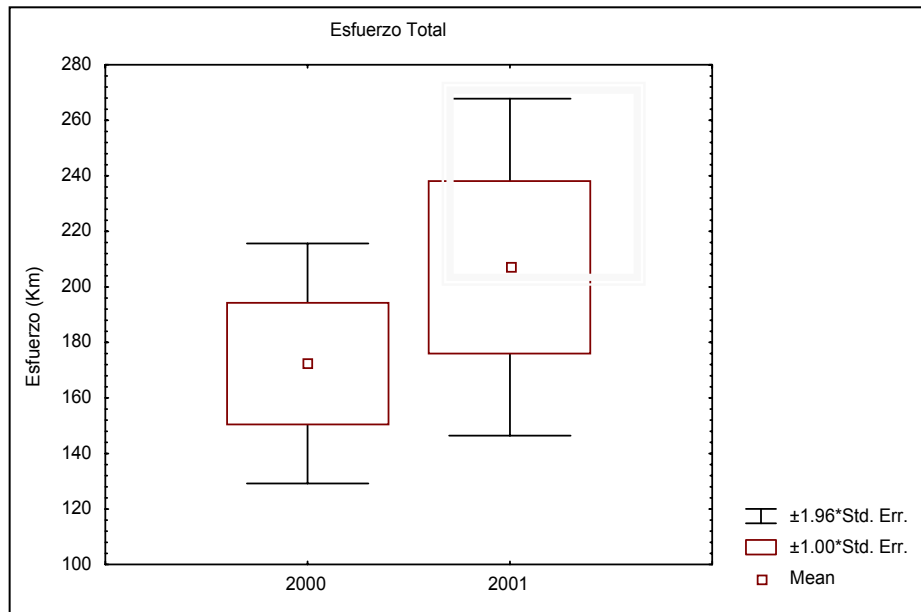


Figura II. 1. Esfuerzo de búsqueda en Kilómetros realizado en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante la búsqueda de delfines en 2000 y 2001

Tabla II.2. Estadísticos del Análisis de varianza para en esfuerzo realizado por Zona en la Bahía de La Paz, B.C.S.

	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p-level</b>
	<b>Effect</b>	<b>Effect</b>	<b>Error</b>	<b>Error</b>		
<b>Esf. Zona</b>	2	9422	20	8595.02	1.09	0.35

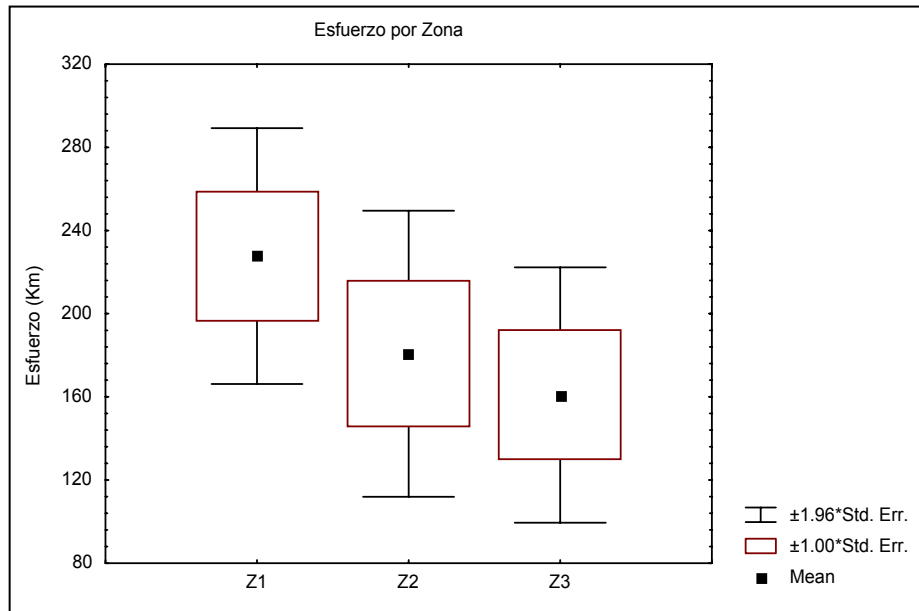


Figura II. 2. Esfuerzo de búsqueda en Kilómetros realizado en las distintas Zonas de la Bahía de La Paz, B.C.S.

Tabla II.3. Estadísticos del Análisis de varianza para en esfuerzo realizado por Estación de año en la Bahía de La Paz, B.C.S.

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
Esf. Estac.	3	14461	4	2933.09	4.93	0.0786

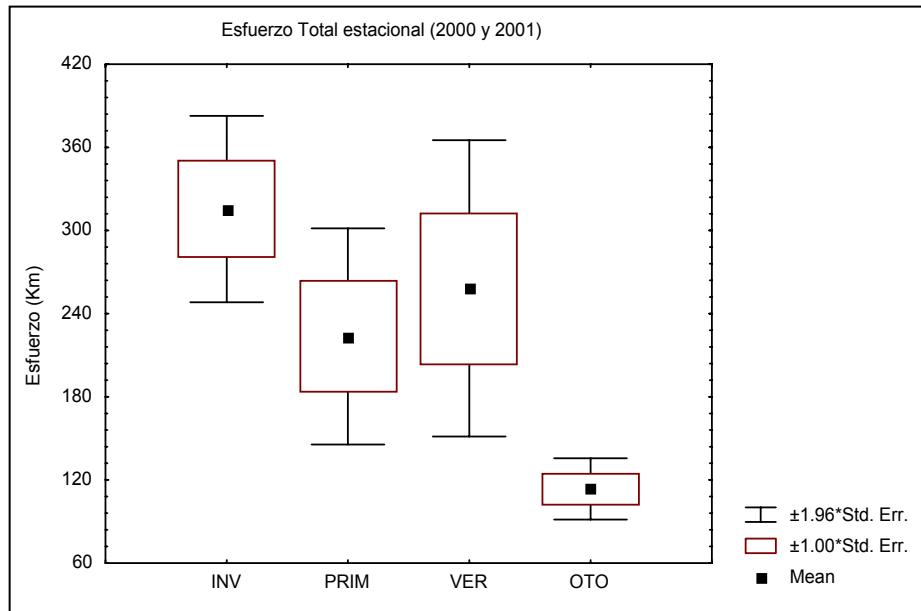


Figura II. 3. Esfuerzo de búsqueda en Kilómetros realizado por Estación del año en la Bahía de La Paz, B.C.S.

**ANEXO III.** Análisis de Varianza para la Distribución Espacial y Temporal de los Avistamientos y Número de tursiones ponderados.

Tabla III. 1. Estadísticos del Análisis de varianza para el Número de delfines ponderados observados en cada Zona de la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2000.

Zona	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrada	F	p
Efecto	3.65	2	1.82	0.34	0.71
Error	688.3	129	5.33		

Tabla III.2. Estadísticos de la prueba de Tukey para el Número de delfines ponderados observados en cada Zona de la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2000.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
<b>Zona 1</b>	<b>1.0764</b>	0.39	0.16
<b>Zona 2</b>	0.39	<b>0.42</b>	0.84
<b>Zona 3</b>	0.16	0.84	<b>0.154</b>

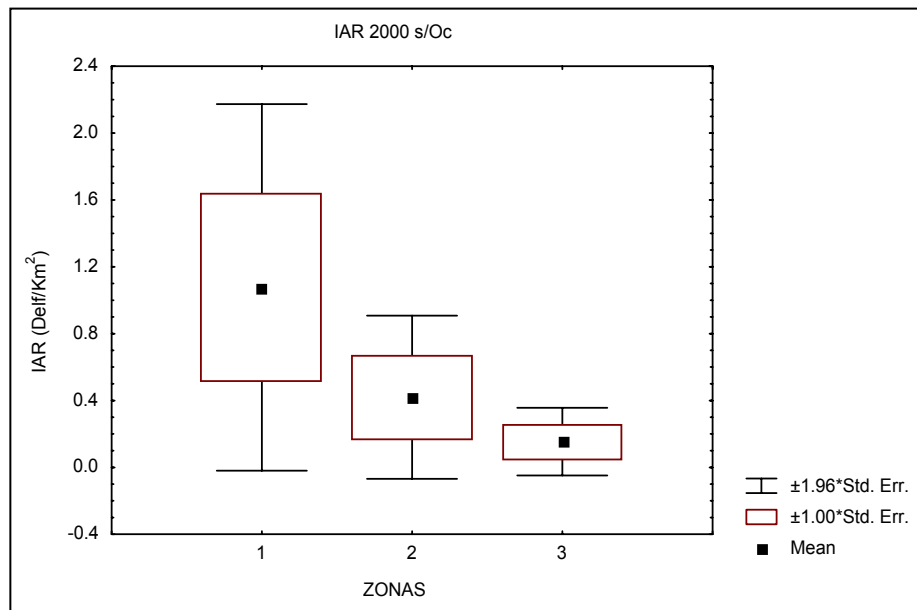


Figura III.1. Valores promedio de los delfines ponderados observados en la Bahía de La Paz, B.C.S., por Zona para el año 2000.

Tabla III. 3. Estadísticos del Análisis de varianza para el Número de delfines ponderados observados en cada Zona de la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2001.

	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrada	F	p
Efecto	19	2	9.6	6	0.00
Error	425	267	1.6		

Tabla III.4. Estadísticos de la prueba de Tukey para el Número de delfines ponderados observados en cada Zona de la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2001.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	<b>0.66</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>
<b>Zona 1</b>		0.07	0.01
<b>Zona 2</b>	0.07		0.63
<b>Zona 3</b>	0.01	0.63	

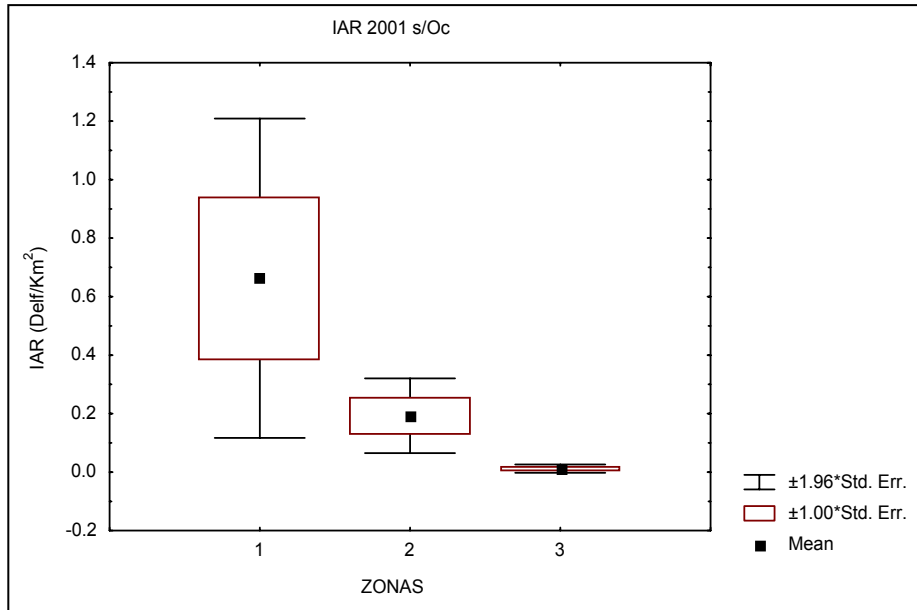


Figura III.2. Valores promedio de los delfines ponderados observados en la Bahía de La Paz, B.C.S., por Zona para el año 2001.

Tabla III. 5. Estadísticos del Análisis de varianza para el Número de delfines ponderados observados en cada Mes en la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2000.

	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrada	F	p
Efecto	41.55	8	5.193	0.986	0.450
Error	647.9	123	5.268		

Tabla III.6. Estadísticos de la prueba de Tukey para el Número de delfines ponderados observados en cada Mes en la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2000.

	Feb	Mar	Abr	Jun	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	<b>0.34</b>	<b>0.34</b>	<b>0.36</b>	<b>1.55</b>	<b>1.42</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>	<b>0.14</b>	<b>0.37</b>
<b>Feb</b>		1.00	1.00	0.90	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Mar</b>			1.00	0.90	0.97	1.00	1.00	1.00	0.95
<b>Abr</b>	1.00			0.93	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Jun</b>	1.00	0.93			1.00	0.71	0.73	0.88	0.83
<b>Ago</b>	0.90	0.97	1.00			0.90	0.90	0.93	0.97
<b>Sep</b>	0.97	1.00	0.71	0.90			1.00	1.00	1.00
<b>Oct</b>	1.00	1.00	0.73	0.90	1.00			1.00	1.00
<b>Nov</b>	1.00	1.00	0.88	0.93	1.00	1.00			1.00
<b>Dic</b>	1.00	1.00	0.83	0.97	1.00	1.00	1.00		

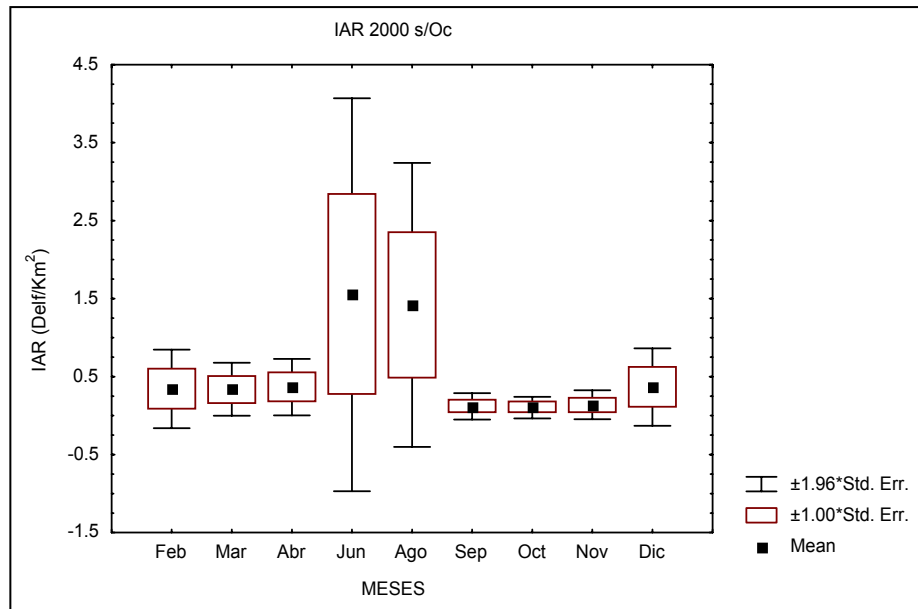


Figura III.3. Valores promedio de los delfines ponderados observados en la Bahía de La Paz, B.C.S., para cada Mes para el año 2000.

Tabla III. 7. Estadísticos del Análisis de varianza para el Número de delfines ponderados observados en cada Mes en la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2001.

Meses	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrada	F	p
Efecto	13	8	1.6	0.98	0.45
Error	414	260	1.6		



Tabla III.8. Estadísticos de la prueba de Tukey para el Número de delfines ponderados observados en cada Mes en la Bahía de La Paz, B.C.S, durante 2001.

	Feb	Mar	Abr	Jun	Ago	Sep	Nov	Ene	May
	0.13	0.20	0.13	0.42	0.07	0.14	0.02	0.75	0.30
<b>Feb</b>		1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.62	1.00
<b>Mar</b>	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	1.00
<b>Abr</b>	1.00	1.00		0.99	1.00	1.00	1.00	0.62	1.00
<b>Jun</b>	0.99	1.00	0.99		0.98	1.00	0.96	0.99	1.00
<b>Ago</b>	1.00	1.00	1.00	0.98		1.00	1.00	0.49	1.00
<b>Sep</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	0.65	1.00
<b>Nov</b>	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00		0.40	1.00
<b>Ene</b>	0.62	0.77	0.62	0.99	0.49	0.65	0.40		0.91
<b>May</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	

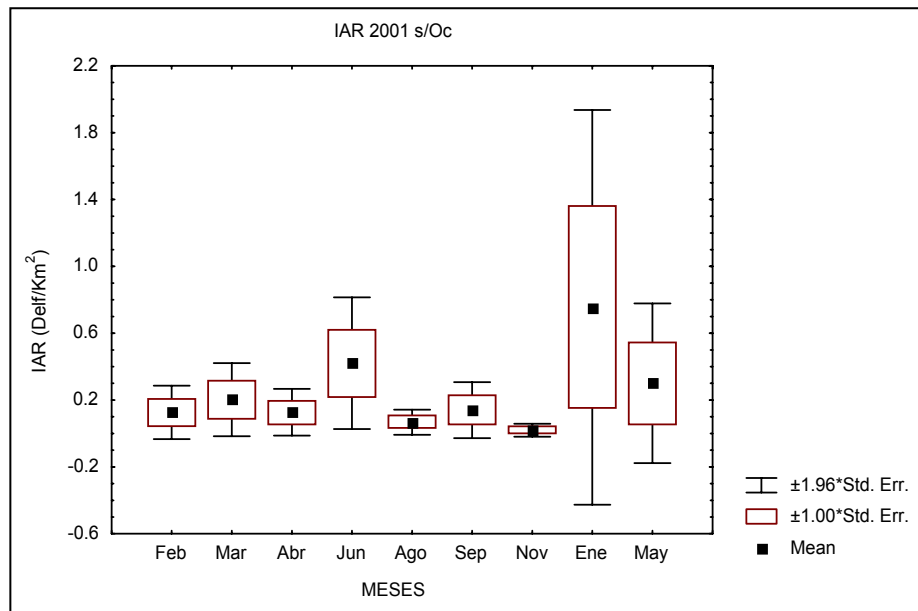


Figura III.3. Valores promedio de los delfines ponderados observados en la Bahía de La Paz, B.C.S., para cada Mes para el año 2001.

**ANEXO IV.** Correlación de Pearson para los Delfines ponderados respecto a los factores ambientales.

Tabla IV.1. Correlación del Número de delfines ponderado con respecto a la Temperatura superficial del mar (°C) en la Bahía de La Paz, B.C.S. (2000 en la porción superior de la Tabla; 2001 en la porción inferior)

N= 9		<b>2000</b>
	<b>T°C</b>	<b>Delf/Km</b>
<b>T°C</b>	1	0.049 p=.900
<b>Delf/Km</b>	-0.5996	1
<b>2001</b>	p=.088	

Tabla IV.2. Correlación de Pearson y valores de  $p$  del Número de tursiones respecto a los factores ambientales en la Bahía de La Paz, B.C.S. (2000 en la porción superior de la Tabla; 2001 en la porción inferior)

	<b>DELFF</b>	<b>PROF_PROM</b>	<b>MAREA</b>	<b>T°C</b>	<b>BEAUF</b>	<b>2000 DCOSTA</b>
<b>DELFF</b>		0.24 p=0.08	0.27 <b>p=0.046</b>	-0.08 p=0.55	0.08 p=0.51	0.29 <b>p=0.03</b>
<b>PROF_PROM</b>	0.12 p=0.39		0.06 p=0.63	0.03 p=0.77	0.33 p=0.01	0.57 p=0.00
<b>MAREA</b>	-0.02 p=0.85	-0.08 p=0.58		0.29 p=0.02	-0.01 p=0.93	-0.06 p=0.61
<b>T°C</b>	-0.05 p=0.69	0.13 p=0.34	0.27 p=0.05		-0.19 p=.015	0.04 p=0.73
<b>BEAUF</b>	-0.16 p=0.26	-0.16 p=0.25	0.05 p=0.71	0.13 p=0.34		-0.02 p=0.88
<b>DCOSTA</b>	0.42 <b>p=0.002</b>	0.33 p=0.02	-0.02 p=0.84	0.17 p=0.23	-0.23 p=0.10	
<b>2001</b>						

**ANEXO V.** Análisis e Discriminantes y Componentes principales

Tabla V.1. Coeficientes canónicos estandarizados para las variables de los cuadrantes de la Bahía de La Paz, B.C.S., durante el 2000.

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>PROF</b>	-0.4710	0.4747
<b>IAR.FEB</b>	0.2359	-1.5586
<b>IAR.MAR</b>	-0.1627	-0.7066
<b>IAR.ABR</b>	0.1140	-0.6833
<b>IAR.JUN</b>	0.6508	-0.0466
<b>IAR.AGO</b>	0.7878	3.3040
<b>IAR.SEP</b>	1.4933	2.8850
<b>IAR.OCT</b>	-0.3956	-0.8713
<b>IAR.NOV</b>	-2.1509	-2.4930
<b>IAR.DIC</b>	1.3961	-1.3226
<b>T°C FEB</b>	1.0530	3.6879
<b>T°C MAR</b>	-0.2556	0.3265
<b>T°C ABR</b>	-0.6032	0.2695
<b>T°C JUN</b>	0.9870	-1.3077
<b>T°C DIC</b>	-0.7119	-0.6163

Tabla V.2. Coeficientes canónicos estandarizados para los avistamientos de tursiones en la Bahía de La Paz, durante el año 2000.

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>PROFMED</b>	0.8998	-0.2562
<b>CUAD</b>	0.9266	0.3711
<b>BEAUF</b>	0.5687	-0.4806
<b>MAREA</b>	0.3928	-0.6976
<b>ESTAC</b>	0.3216	0.2260
<b>DELF</b>	-0.0895	0.5204

Tabla V.3. Coeficientes canónicos estandarizados para las variables de los cuadrantes de la Bahía de La Paz, B.C.S., durante el 2001.

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>PENE</b>	-1.4551	0.3868
<b>TENE</b>	0.1476	2.3939
<b>CUAD</b>	0.1826	1.2390
<b>TMAR</b>	0.0682	0.8886
<b>TFEB</b>	0.2946	1.4086
<b>ISEP</b>	-0.1990	-1.6813
<b>IFEB</b>	0.2260	-0.7650
<b>IJUN</b>	0.2823	-1.5100
<b>TMAY</b>	-2.2799	-2.2511
<b>TSEP</b>	-0.5097	-1.1323
<b>IABR</b>	0.8984	2.8440
<b>IENE</b>	-0.7735	-2.2911
<b>TABR</b>	-0.1735	-1.0969
<b>IMAR</b>	-0.2306	-1.1028
<b>IMAY</b>	0.5895	0.7596
<b>INOV</b>	-0.9599	-0.1065

Tabla V.4. Coeficientes canónicos estandarizados para los avistamientos de tursiones en la Bahía de La Paz, durante el año 2001.

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>CUAD</b>	1.2332765	0.17374
<b>PROFMED</b>	1.182439	-0.5548
<b>DCOSTA</b>	0.5022796	0.88453
<b>DELF</b>	-0.577182	-0.4977
<b>MAREA</b>	0.4159714	-0.2359
<b>EST</b>	-0.401682	-0.8872
<b>T°C</b>	0.0935563	0.95136