

**Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología**

**Universidad Nacional Autónoma de México**



**Determinación de morfotipos de toninas (*Tursiops truncatus*)  
y de su identidad poblacional en la Bahía de Banderas, México.**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS  
P R E S E N T A:

**LORENA VILORIA GÓMORA**

Director de tesis  
**Luis Medrano González**

Comité tutorial  
**Jorge Urbán Ramírez**  
**Diane Gendron Laniel**  
**David Aurióles Gamboa**  
**Manuel Gallardo Cabello**

**México, 2007**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## AGRADECIMIENTOS



No se con quien comenzar mi lista de agradecimientos, pues pienso en mis papás y digo gracias a ellos pude hacer este posgrado, pero después pienso que en realidad es a Luis pues el me dio el proyecto y que aunque mis papás me hubieran apoyado, sin proyecto hubiera sido difícil hacer una maestría, pero también pienso en lo contrario y entonces concluyo que esta tesis se la debo al Dr. Luis Medrano y a mis papás pero también viceversa.

i

Luis muchas gracias, por aceptarme en tu grupo, por haberme ofrecido un proyecto tan interesante y si tengo que decirlo muy a pesar tuyo, lleno de aventuras. También, agradezco todo el tiempo que dedicaste a la revisión del escrito. Y finalmente, agradezco enormemente la oportunidad que me diste para subirme al B/O Puma, pues el trabajo de mar para la tesis y la observación de mamíferos marinos desde la cofa del barco, ha sido sin duda de las mejores cosas que he hecho en vida, mil gracias por todo.

A mis Papás les agradezco la oportunidad que me dieron 1) para estudiar y 2) para estudiar lo que quise, que aunque ellos no pudieron hacer ni lo uno y por consecuencia ni lo otro, siempre apostaron a que la educación era la mejor herramienta para enfrentarme a la vida, mil gracias por el apoyo y el amor que me dan sin condiciones. En la sección familiar quiero incluir a mis sobrinas (Naty y Camill) a las que agradezco tantos momentos divertidos que me han dado aún cuando estaba demasiado preocupado por el trabajo, y por que siempre me recuerdan lo verdaderamente valioso de la vida. A mis hermanos, les agradezco su disposición de ayudar a su hermana pequeña.

A Pablo mil gracias por entrar al propedéutico y después pasarme los apuntes, por las horas de estudio compartido, por la cámara fotográfica, por la corrección de estilo de las miles de versiones que hice de la tesis, por el dibujo de la tonina, por la edición de la tesis, por el patrocinio, por el tiempo, por la paciencia, por los consejos, por la compañía, por el cariño, iups! creo que deberías entrar en la disputa de a quien le debo la tesis. Gracias también por incluirme en tu familia que para mi es el ejemplo de tolerancia.

A mis maestros del mar Hiram y Sergio, gracias por esa mano en el hombro que me tendieron para que adquiriera confianza en la proa, que la gente que lea este apartado y no sepa que significa eso de mano, hombro y proa, solo les quiero decir que es lo necesario para subirse a la lancha y ver a

los delfines, es decir, lo esencial de este trabajo. Además de ser unos apasionados del mar y de las ballenas, son excelentes amigos. Sergio gracias por la ayuda con el catálogo, por prestarme tu cámara -y de paso te pido un disculpa por mojarla-, por todas las experiencias compartidas y todo el apoyo incondicional.

A Hiram mil gracias por tantas pláticas tan divertidas, ilustrativas, por compartir toda tu experiencia y conocimiento de los *bichos*, por recordarme siempre que por soñar no se paga, por hacerme participe de tu felicidad, gracias Ani, por esas pláticas y comidas tan exquisitas y a los dos por esa amistad tan sincera.

Al dúo dinámico Sandra P. y María José, gracias por la ayuda, la compañía, los chistes y por compartirme un poquito de su vida tan diferente de la mía. Sandra mil gracias por la cámara fotográfica, pues gran parte de las fotos del catálogo salieron gracias a tu gran disposición de ayudar sin condición a la gente. Carlos mil gracias, por la compañía justo cuando más la necesitaba.

A Sandra Smith por compartir tu alegría de vivir con todos los que te rodean y afortunadamente yo he estado a tu alrededor, a demás algo que no pasa comúnmente, eres la sinceridad hecha persona, y eso es algo que no solo agradezco sino valoro muchísimo.

A la familia Nieblas-Olvera, por adoptarme durante las temporadas de muestreo. A Justino por compartirme todo lo que sabes del mar. A Margarita, por la comida, las pláticas y la paciencia. A Gerardo y Juanita por esos miles de detalles que compartieron con migo y que afortunadamente los siguen compartiendo, y digo detalles por que esos son precisamente los que hacen que las cosas valgan la pena.

A Vale por la paciencia y consejos, a Axa y Elia por la participación en el trabajo de campo, a Miriam por esas pláticas tan rápidas y llenas de emociones.

A todo las personas que participaron en la toma de datos así como, al resto del personal del laboratorio de Mamíferos Marinos gracias por las facilidades brindadas durante mi estancia.

Al CONACYT, pues mi casa y en especial mi patio no seria lo que es, sin su ayuda, bueno que en realidad tendría que agradecer a todos lo que pagan sus impuestos, gracias pueblo mexicano.

## CRÉDITOS



El presente trabajo fue posible gracias al apoyo económico recibido como becaria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**; registro 1890180) y de la Dirección General de Estudios de Posgrado, UNAM (**DGEP-UNAM**), ambos de agosto, 2004 a julio, 2006.

La investigación se realizó con apoyo económico de los proyectos "HÁBITOS REPRODUCTIVOS E HISTORIA POBLACIONAL RECIENTE DE LAS BALLENAS JOROBADAS (*Megaptera novaeangliae*) EN EL PACÍFICO MEXICANO" (proyecto **CONACyT** 400302-5-3725PN) y "DISTRIBUCIÓN DE LA MASTOFAUNA MARINA DE LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y EL ARCHIPIÉLAGO REVILLAGIGEDO Y SUS IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN" que realizan en colaboración la Facultad de Ciencias, UNAM y el Instituto Nacional de Ecología (INE).

Esta investigación forma parte del proyecto "CAMBIO AMBIENTAL, DINÁMICA DE LOS HÁBITOS DE LA BALLENA JOROBADA Y CONFORMACIÓN DE LA MASTOFAUNA MARINA EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y LAS ISLAS REVILLAGIGEDO" que también fue apoyado económicamente por el **CONACyT** (proyecto V-38605).

La investigación se realizó con autorizaciones de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

El trabajo se realizó con la infraestructura, equipo y materiales del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM y de la comunidad del Corral del Risco, Nayarit.

Parte del escrito se hizo en el Laboratorio de Cómputo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

# CONTENIDO

RESUMEN .....	II
ABSTRACT .....	III
CRÉDITOS .....	IV
CONTENIDO .....	V
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES.....	3
GENERALIDADES DE LA ESPECIE.....	3
Morfología externa .....	3
Coloración .....	4
Distribución.....	4
Reproducción .....	5
Agrupaciones .....	5
Área de dispersión.....	5
Estimación y estructura poblacional .....	6
LAS TONINAS EN MÉXICO .....	6
LAS TONINAS EN LA BAHÍA DE BANDERAS .....	7
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
OBJETIVOS.....	10
GENERAL .....	10
PARTICULARES .....	10
ZONA DE ESTUDIO .....	11
GEOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA.....	11
CLIMATOLOGÍA .....	12
OCEANOGRAFÍA .....	12
BIODIVERSIDAD .....	12
MÉTODOS .....	14
TRABAJO DE MAR.....	14
REGISTRO DE TAMAÑO Y COLORACIÓN .....	14
FOTOIDENTIFICACIÓN.....	15
ANÁLISIS DE DATOS.....	16
Identificación de formas .....	16
Distribución espacial y temporal .....	16
Tamaño de grupo y ocurrencia de crías .....	16
Vagilidad .....	17
Estimación de abundancia absoluta.....	18
Identificación poblacional de los morfotipos .....	19
RESULTADOS.....	21
ESFUERZO DE NAVEGACIÓN Y OBSERVACIÓN .....	21
IDENTIFICACIÓN DE FORMAS .....	22
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	23
TAMAÑO DE GRUPO Y OCURRENCIA DE CRÍAS .....	25
VAGILIDAD .....	28
ESTIMACIÓN DE ABUNDANCIA ABSOLUTA .....	31

IDENTIFICACIÓN POBLACIONAL DE LOS MORFOTIPOS.....	36
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>46</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>III</b>
<b>I. FORMATO PARA EL REGISTRO DE DATOS EN MAR .....</b>	<b>III</b>
<b>II. ESTIMADORES POBLACIONALES .....</b>	<b>IV</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>V</b>
<b>CATÁLOGO DE FOTOIDENTIFICACIÓN .....</b>	<b>V</b>

## RESUMEN



Las toninas (*Tursiops truncatus*) presentan variación morfológica en prácticamente todos los lugares en que se distribuyen. En el Océano Pacífico Nororiental, se reconocen al menos dos morfotipos de toninas pero, a pesar de que esta especie es uno de los cetáceos más estudiados, una caracterización nominal de su variación infraespecífica no se ha definido completamente. La identificación de taxa infraespecíficos es particularmente difícil cuando diferentes formas ocurren en simpatria creando situaciones complicadas para diversos asuntos de conservación relacionados con la especie. Una situación así se presenta en las costas del Pacífico mexicano, concretamente en la Bahía de Banderas que es una región biológicamente muy rica en la zona de transición oceanográfica del Pacífico Nororiental y en los límites de la Placa tectónica de Cocos. En este trabajo se planteó identificar diferentes formas de toninas de la Bahía de Banderas, a partir de observaciones simples de tamaño y coloración. De esta identificación inicial se examinó la correspondencia de las distintas formas con indicadores ecológicos y demográficos de identidad poblacional lo que incluye 1) Distribución espacial y temporal, 2) Distribución espacial y temporal de la ocurrencia de crías, 3) Variación temporal en el tamaño de grupo, 4) Patrones de vagilidad y dispersión y 5) Modelación de la abundancia absoluta. La zona de estudio se dividió en seis subregiones y el ciclo anual en las temporadas de secas y lluvias. Se navegaron 11146 millas náuticas en las que se registraron 179 avistamientos de toninas. Se definieron cinco formas de toninas para la bahía: 1) Gris claro pequeños (GCP), 2) Gris claro grandes (GCG), 3) Gris oscuro (GO), 4) Pardos (CA) y 5) Gris claro con marca blanca en el pedúnculo caudal o forma Socorro (Soc). Cada forma pareció tener un área de distribución particular en la zona y esta no pareció modificarse entre secas y lluvias. Solamente las formas GCP, GCG y GO ocurrieron regularmente en la bahía y mostraron paralelismo entre la agregación y la abundancia relativa siendo mayores ambas en las secas que en las lluvias; este paralelismo fue inverso a la ocurrencia de crías para GCG y GO, o no estacional para GCP. Los registros de grupos grandes y grupos con crías fueron más cercanos a la costa. Los parámetros de vagilidad y dispersión de la forma GO fueron distintivos e indicativos de una capacidad de dispersión mayor y parecida a la de la especie *Steno bredanensis*. Para la forma GCP, estos parámetros indicaron un área de distribución restringida, para la forma GCG los valores fueron intermedios entre GO y GCP. Los modelos de abundancia absoluta mostraron dos posibilidades para la agrupación de las toninas consistentes en dos o tres poblaciones así como altos grados de heterogeneidad en la marcabilidad de los individuos de GCG y GO. Para la forma GCP se obtuvieron un grado bajo y uno alto de heterogeneidad en la marcabilidad. Se obtuvo una separación significativa y casi equidistante entre las tres formas de toninas pero con una similitud algo mayor entre las formas GCG y GO. Estos análisis no resolvieron por completo el problema de la identidad de las formas de toninas en la Bahía de Banderas pero sí sugirieron un modelo de diferentes estructuras poblacionales, derivadas de diferentes ecologías en los medios pelágico y costero. Esta concurrencia deriva de la estrecha relación de los medios costero y pelágico en el Pacífico Oriental Tropical y explica la complejidad de la filogeografía y sistemática de la especie.

## ABSTRACT



Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) show morphological variation in most of their areas of distribution. In the Northeast Pacific, at least two morphotypes have been recognized but a nominal characterization of infraspecific variation has not been completely defined in spite that this is one of the most studied cetaceans. Identification of infraspecific taxa is particularly difficult when different forms occur in sympatry creating thus complicated situations for different conservation issues related with this species. A situation like that occurs in the Mexican Pacific coast, specifically in Bahía Banderas which is a biologically very rich region in the oceanographic transition zone of the East North Pacific and in the boundaries of the Cocos tectonic Plate. In this work, different forms of bottlenose dolphins were identified, without any preconception, out of simple observations of size and coloration. From this starting identification, the correspondence of dolphin forms with ecological and demographical indicators of population identity was examined. This includes 1) Spatial and temporal distribution, 2) Spatial and temporal distribution of calves' occurrence, 3) Temporal variation in the size of groups, 4) Vagility and dispersion patterns and 5) Modelling of absolute abundance. The studied zone was subdivided in six regions and the annual cycle in dry and rainy seasons. A total of 11146 nautical miles were surveyed in an approximate 2000 Km<sup>2</sup> area in which 182 sightings of bottlenose dolphins were recorded. Five bottlenose dolphins forms were identified in the bay: 1) Small light grays (GCP), 2) Large light grays (GCG), 3) Dark grays (GO), 4) Brownish (CA) and 5) Light grays with a white spot on the caudal peduncle or Socorro form (Soc). Each form appeared to have a particular distribution in the studied region which do not appear to change between dry and rainy seasons. Only GCP, GCG and GO forms occurred regularly in the bay and showed parallelism between aggregation and relative abundance, being both larger in the dry season; this parallelism seemed inverse to the occurrence of calves for the GCG and GO forms or non seasonal for the GCP form. The records of large groups and groups with calves were registered closer to the coast. Vagility and dispersion parameters in the GO form were distinctive and indicative of a larger dispersion capacity, similar to that of *Steno bredanensis*. For the GCP form, these parameters indicated a restrained distribution. For the GCG form, the vagility values were intermediate between the GO and GCP forms. Some models of absolute abundance showed two grouping possibilities for bottlenose dolphins consisting of two or three populations with high degree of heterogeneity in the markability of individuals of the GCG and GO forms. For the GCP form, low and a high degree of heterogeneity in the markability were obtained. A significant and almost equidistant separation between three bottlenose dolphin forms was found but with a slightly higher similarity between GCG and GO forms. These analyses do not solve completely the problem of identifying bottlenose dolphin forms in Bahía Banderas but they suggest a model of different population structures, derived from different ecologies in the pelagic and coastal environments. The concurrence at these form comes out of the close relationship between coastal and pelagic environments in the East Tropical Pacific explaining the phylogeographic and systematic complexity of the species.

# INTRODUCCIÓN



Las variaciones geográficas de las características morfológicas, fisiológicas conductuales y biológicas en general, se han observado en prácticamente todos los organismos vivos (Mayr, 1970; Gould y Johnston, 1972; Mayr, 1982; Kingsolver *et al.*, 2002), incluso la noción de la plasticidad fenotípica esta presente en el libro *El Origen de las Especies* (1859), donde Darwin menciona que entre los individuos de una misma especie existen siempre variaciones naturales.

1

Al mismo tiempo se considera que el estudio del potencial adaptativo de la plasticidad fenotípica resulta crucial en el entendimiento de los procesos evolutivos (Mayr, 1970; Gould y Johnston, 1972; Radinsky, 1985; Margalef, 1989; Mayr y Ashlock, 1991; Barreto, 2000; Kingsolver *et al.*, 2002) y de acuerdo con la visión neo-darwiniana, la adaptación a la variabilidad ambiental se da principalmente por medio de la selección natural, generándose, en tiempo evolutivo, un ajuste entre los genotipos, (sus fenotipos) y su ambiente (Gianoli, 2004). De este modo la evolución estaría dada por, 1) variación entre individuos de una misma especie (formación de ecotipos<sup>1</sup>) y 2) selección de ecotipos adaptados a microhábitats particulares (Futuyma, 1998). Sin embargo, la composición genética de las especies no sólo esta dada por la selección de los ecotipos adaptados, pues el cambio aleatorio de las frecuencias génicas es común en las poblaciones, siendo más pronunciado en poblaciones pequeñas. Bajo esta idea, la selección puede darse en forma de adaptaciones progresivas, las cuales ocurrirán principalmente en especies que presenten subdivisiones poblacionales pequeñas y con bajos niveles de flujo génico (Wright, 1931, en Futuyma, 1998). Como consecuencia Wright considera que la adaptación se da por medio de la selección dentro de las poblaciones, a través de la deriva génica, pasando por una selección entre poblaciones (selección interdemica<sup>2</sup>) y finalmente la reducción del flujo génico entre estas. A esta idea de la adaptación progresiva se le conoce como la Teoría del Balance Cambiante.

En los pequeños cetáceos las variaciones morfológicas son relativamente comunes (Perrin, 1984) y el estudio detallado de estas variaciones, en algunas especies de delfines, ha resultado en la separación tanto de subespecies como de especies diferentes. Ejemplo de esta separación de especies son los delfines de costados blancos, *Lagenorhynchus*

---

<sup>1</sup> Ecotipo: formas genéticamente diferentes y que habitan ambientes particulares (Mayr, 1970).

<sup>2</sup> Selección interdemica: Selección entre poblaciones locales (demes) de una misma especie (Futuyma, 1998).

*obliquidens* (Walker *et al.*, 1986); delfines moteados, *Stenella attenuata* (Schenell *et al.*, 1986); delfín de Hector, *Cephalorhynchus hectori* (Baker *et al.*, 2002); delfines comunes, *Delphinus delphis* (Rosel *et al.*, 1994; Kingston y Rosel, 2004); toninas, *Tursiops truncatus* (Ross y Cockcroft, 1990; Gao *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000; Natoli *et al.*, 2004) entre otros.

*Tursiops* es un género complejo, para el cual se han descrito al menos 20 especies nominales, además de distintas razas geográficas, formas, subespecies y especies (Hershkovitz, 1966). Actualmente se reconocen dos especies: *Tursiops aduncus*, distribuida en las costas de los Océanos Índico, Indo Pacífico y Pacífico Sudoccidental, y *Tursiops truncatus*, que se distribuye en todos los océanos templados, subtropicales y tropicales del mundo (Gao *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000).

Particularmente, *T. truncatus* presenta una gran variedad morfológica en toda su distribución geográfica (Ross y Cockcroft, 1990; Gao *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000) haciendo compleja su delimitación como especie (Natoli *et al.*, 2004). En la actualidad se reconocen dos ecotipos de toninas -costero y oceánico- con características variables dependientes de la región geográfica (Walker, 1981; Duffield *et al.*, 1983; Perrin, 1984; Hersh y Duffield, 1990; Dowling y Brown, 1993; Rice, 1998; Hoelzel *et al.*, 1998; Kingston y Rosel, 2004; Natoli *et al.*, 2004).

Basado en diferencias morfométricas, contenido de parásitos y características de la dieta, Walker (1981) divide a las toninas del Océano Pacífico Este en tres formas: *T. nuuanu* (Andrews, 1911), la forma *norteña* (ambas de hábitos oceánicos) y la forma *T. gillii* (de hábitos costeros, que se distribuye desde el Sur de California, hasta las costas de América Centra). Las formas mencionadas por Walker (1981) –*T. gillii* y *T. nuuanu* - se han definido previamente como especies a partir de datos muy limitados. Dall (1873 en Walker, 1981) identificó a *T. gillii* a partir de una mandíbula obtenida en Monterrey, California. Posteriormente, True (1914 en Walker, 1981) al analizar dos cráneos, apoyó la propuesta de Dall y añadió que esta especie es más pequeña que *T. truncatus* y que el diámetro del cóndilo es un carácter diagnóstico para definir a *T. gillii*. Estas especies nominales se han establecido sin considerar las observaciones de hibridización entre *T. truncatus* y otras especies de odontocetos. Actualmente no se conoce el grado de diferenciación genética existente entre estos morfotipos y especies (Hoelzel, 1994).

El problema taxonómico del género reclama la realización de estudios sobre poblaciones locales para registrar su dinámica y proponer explicaciones a los fenómenos de variación morfológica observados (Curry *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000). Además, determinar los límites biológicos y ecológicos entre poblaciones es relevante para su conservación así como algunos aspectos de su evolución. Desde hace varios años, el grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias de la UNAM ha hecho registros sobre los diferentes tamaños y coloraciones que presentan las toninas en la Bahía de Banderas y en el presente trabajo se planteó registrar sistemáticamente diferentes coloraciones y tamaños de las toninas de la bahía y relacionarlos con diferentes indicadores ecológicos y demográficos de identidad poblacional para proponer explicaciones sobre la variación morfológica observada en las toninas de esta localidad.

# INTRODUCCIÓN



Las variaciones geográficas de las características morfológicas, fisiológicas conductuales y biológicas en general, se han observado en prácticamente todos los organismos vivos (Mayr, 1970; Gould y Johnston, 1972; Mayr, 1982; Kingsolver *et al.*, 2002), incluso la noción de la plasticidad fenotípica esta presente en el libro *El Origen de las Especies* (1859), donde Darwin menciona que entre los individuos de una misma especie existen siempre variaciones naturales.

1

Al mismo tiempo se considera que el estudio del potencial adaptativo de la plasticidad fenotípica resulta crucial en el entendimiento de los procesos evolutivos (Mayr, 1970; Gould y Johnston, 1972; Radinsky, 1985; Margalef, 1989; Mayr y Ashlock, 1991; Barreto, 2000; Kingsolver *et al.*, 2002) y de acuerdo con la visión neo-darwiniana, la adaptación a la variabilidad ambiental se da principalmente por medio de la selección natural, generándose, en tiempo evolutivo, un ajuste entre los genotipos, (sus fenotipos) y su ambiente (Gianoli, 2004). De este modo la evolución estaría dada por, 1) variación entre individuos de una misma especie (formación de ecotipos<sup>1</sup>) y 2) selección de ecotipos adaptados a microhábitats particulares (Futuyma, 1998). Sin embargo, la composición genética de las especies no sólo esta dada por la selección de los ecotipos adaptados, pues el cambio aleatorio de las frecuencias génicas es común en las poblaciones, siendo más pronunciado en poblaciones pequeñas. Bajo esta idea, la selección puede darse en forma de adaptaciones progresivas, las cuales ocurrirán principalmente en especies que presenten subdivisiones poblacionales pequeñas y con bajos niveles de flujo génico (Wright, 1931, en Futuyma, 1998). Como consecuencia Wright considera que la adaptación se da por medio de la selección dentro de las poblaciones, a través de la deriva génica, pasando por una selección entre poblaciones (selección interdemica<sup>2</sup>) y finalmente la reducción del flujo génico entre estas. A esta idea de la adaptación progresiva se le conoce como la Teoría del Balance Cambiante.

En los pequeños cetáceos las variaciones morfológicas son relativamente comunes (Perrin, 1984) y el estudio detallado de estas variaciones, en algunas especies de delfines, ha resultado en la separación tanto de subespecies como de especies diferentes. Ejemplo de esta separación de especies son los delfines de costados blancos, *Lagenorhynchus*

---

<sup>1</sup> Ecotipo: formas genéticamente diferentes y que habitan ambientes particulares (Mayr, 1970).

<sup>2</sup> Selección interdemica: Selección entre poblaciones locales (demes) de una misma especie (Futuyma, 1998).

*obliquidens* (Walker *et al.*, 1986); delfines moteados, *Stenella attenuata* (Schenell *et al.*, 1986); delfín de Hector, *Cephalorhynchus hectori* (Baker *et al.*, 2002); delfines comunes, *Delphinus delphis* (Rosel *et al.*, 1994; Kingston y Rosel, 2004); toninas, *Tursiops truncatus* (Ross y Cockcroft, 1990; Gao *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000; Natoli *et al.*, 2004) entre otros.

*Tursiops* es un género complejo, para el cual se han descrito al menos 20 especies nominales, además de distintas razas geográficas, formas, subespecies y especies (Hershkovitz, 1966). Actualmente se reconocen dos especies: *Tursiops aduncus*, distribuida en las costas de los Océanos Índico, Indo Pacífico y Pacífico Sudoccidental, y *Tursiops truncatus*, que se distribuye en todos los océanos templados, subtropicales y tropicales del mundo (Gao *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000).

Particularmente, *T. truncatus* presenta una gran variedad morfológica en toda su distribución geográfica (Ross y Cockcroft, 1990; Gao *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000) haciendo compleja su delimitación como especie (Natoli *et al.*, 2004). En la actualidad se reconocen dos ecotipos de toninas -costero y oceánico- con características variables dependientes de la región geográfica (Walker, 1981; Duffield *et al.*, 1983; Perrin, 1984; Hersh y Duffield, 1990; Dowling y Brown, 1993; Rice, 1998; Hoelzel *et al.*, 1998; Kingston y Rosel, 2004; Natoli *et al.*, 2004).

Basado en diferencias morfométricas, contenido de parásitos y características de la dieta, Walker (1981) divide a las toninas del Océano Pacífico Este en tres formas: *T. nuuanu* (Andrews, 1911), la forma *norteña* (ambas de hábitos oceánicos) y la forma *T. gillii* (de hábitos costeros, que se distribuye desde el Sur de California, hasta las costas de América Centra). Las formas mencionadas por Walker (1981) –*T. gillii* y *T. nuuanu* - se han definido previamente como especies a partir de datos muy limitados. Dall (1873 en Walker, 1981) identificó a *T. gillii* a partir de una mandíbula obtenida en Monterrey, California. Posteriormente, True (1914 en Walker, 1981) al analizar dos cráneos, apoyó la propuesta de Dall y añadió que esta especie es más pequeña que *T. truncatus* y que el diámetro del cóndilo es un carácter diagnóstico para definir a *T. gillii*. Estas especies nominales se han establecido sin considerar las observaciones de hibridización entre *T. truncatus* y otras especies de odontocetos. Actualmente no se conoce el grado de diferenciación genética existente entre estos morfotipos y especies (Hoelzel, 1994).

El problema taxonómico del género reclama la realización de estudios sobre poblaciones locales para registrar su dinámica y proponer explicaciones a los fenómenos de variación morfológica observados (Curry *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999 y 2000). Además, determinar los límites biológicos y ecológicos entre poblaciones es relevante para su conservación así como algunos aspectos de su evolución. Desde hace varios años, el grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias de la UNAM ha hecho registros sobre los diferentes tamaños y coloraciones que presentan las toninas en la Bahía de Banderas y en el presente trabajo se planteó registrar sistemáticamente diferentes coloraciones y tamaños de las toninas de la bahía y relacionarlos con diferentes indicadores ecológicos y demográficos de identidad poblacional para proponer explicaciones sobre la variación morfológica observada en las toninas de esta localidad.

## ANTECEDENTES



*Tursiops truncatus* es el odontoceto más estudiado en todo el mundo (Wells y Scott, 1999 y 2002). Es la especie más usada en los espectáculos de delfinarios y como carnada para tiburones; además su interacción con las pesquerías ha ocasionado conflictos económicos dentro y entre países (Shane *et al.*, 1986).

### Generalidades de la especie

#### Morfología externa

El cuerpo de las toninas es robusto, de lo cual deriva su nombre común en América Latina, tonina (como tonel). La cabeza es ancha, el rostro es cilíndrico y corto, menos de 16 centímetros (cm), de esta característica deriva su nombre científico *Tursio* –marsopa, *ops* –rostro, *truncatus* –corto (marsopa con rostro corto). La mandíbula es ligeramente más larga que la maxila y un surco separa la parte del frente de la cabeza con el rostro (Leatherwood *et al.*, 1982; Tinker, 1988) (Figura 1). Su tamaño varía de 2 a 4 metros (m) dependiendo de la zona geográfica y el sexo (Leatherwood *et al.*, 1982; Tinker, 1988). En algunos casos las toninas que viven muy cerca de la costa son más grandes que las que habitan aguas más oceánicas, aunque también existe el caso contrario, sin embargo algunos autores consideran que el tamaño esta más relacionado con la temperatura del agua, que con la cercanía o lejanía de la costa (Curry y Smith, 1997; Wells y Scott, 2002).

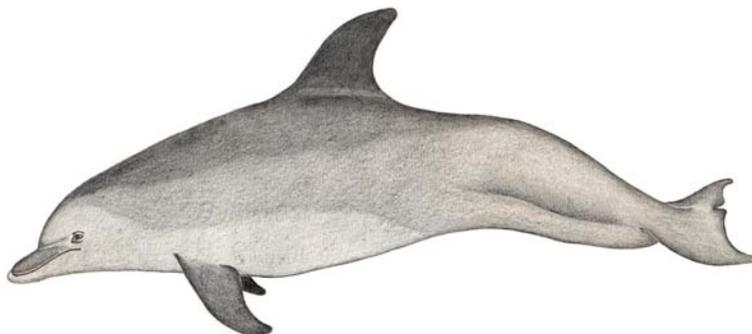
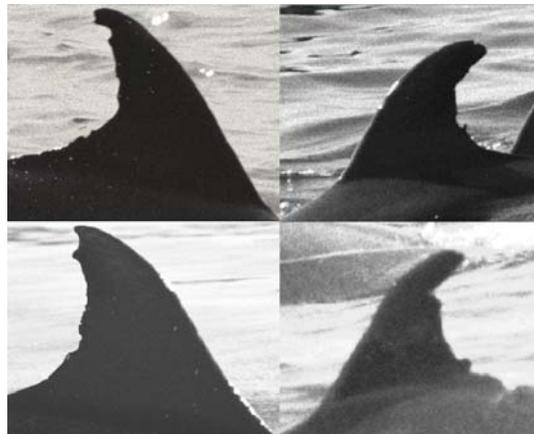


Figura 1: La tonina, *Tursiops truncatus*. Ilustración: Pablo Hernández.

La aleta dorsal de las toninas es prominente, falcada, erecta y redondeada. Generalmente presenta cicatrices, marcas naturales, mutilaciones y callosidades que permiten identificar a los organismos (Hammond, 1986; Defran *et al.*, 1990; Würsig y Jefferson, 1990) (Figura 2). Por esta variación, la aleta dorsal puede identificar a un individuo, de modo que una fotografía de la aleta equivale a la aplicación de una marca que puede reconocerse posteriormente, permitiendo con esto desarrollar diversos estudios, tales como la estimación de la abundancia absoluta, determinaciones sobre la estructura social, parámetros reproductivos, dispersión, entre otros (Krebs, 1985). Las aletas pectorales son de tamaño moderado y con la punta redondeada. La aleta caudal generalmente presenta muescas y marcas de mordidas de otros delfines, los lóbulos de la aleta se encuentran divididos por una escotadura y tienen un margen posterior cóncavo y liso (Leatherwood *et al.*, 1982).



**Figura 2:** Ejemplo de cuatro individuos identificados por sus diferentes muescas en la aleta dorsal. Fotos de la autora.

### **Coloración**

El patrón de coloración en los mamíferos marinos se usa como carácter taxonómico. Presumiblemente es un carácter adaptativo que puede variar individualmente por la edad, el sexo, la región geográfica, e incluso por la estación del año (Ross y Cockcroft, 1990; Perrin *et al.*, 2002). Las toninas exhiben coloraciones uniformes desde gris plateado a café, mientras que otras presentan dorso negro a gris aclarándose hacia los costados y haciéndose rosados hacia la parte ventral. A lo largo del cuerpo generalmente tienen líneas que dividen los tonos oscuros de los claros. Muestran una débil línea desde el contorno de los ojos hasta la base de la aleta. En ocasiones, las hembras seniles pueden presentar motas claras en la parte ventral (Leatherwood *et al.*, 1982; Tinker, 1988).

### **Distribución**

La distribución de los cetáceos está estrechamente relacionada con el hábitat submarino, pues representa un factor significativo para la eficiencia del forrajeo. Otros factores como corrientes y surgencias, entre otros, también pueden estar relacionadas con la distribución (Hastie *et al.*, 2004; Bearzi, 2005). Las toninas se distribuyen en todos los océanos de

aguas templadas y mares tropicales, con temperaturas superficiales de 10 a 32 °C. Estos animales se mueven a lo largo de la zona costera de los continentes, habitando lagunas costeras, estuarios, alrededor de islas oceánicas y atolones (Tinker, 1988; Rice, 1998; Reeves *et al.*, 2002). Las poblaciones pelágicas están presentes en el Océano Pacífico desde Japón a California, Hawai y Este del Mar de China, y en el Hemisferio Sur desde Australia hasta Chile. En el Océano Atlántico están presentes en ambos lados de la costa, desde Noruega hasta Nueva Escocia y desde la parte Sur de Argentina hasta el Sur de África. En el Océano Índico se encuentran desde el Mar Rojo hasta el Cabo de Buena Esperanza y en el Este cruzando el Océano Índico hasta Australia. También, están presentes en Nueva Guinea, la parte Norte de Taiwán, en el Mar Mediterráneo y Mar Negro (Wells y Scott, 2002).

### **Reproducción**

La edad a la que las toninas alcanzan la madurez sexual varía con el sexo y región. En general, las hembras maduran sexualmente entre los 5 y 13 años y los machos entre los 9 y 14 años (Wells *et al.*, 1980). No se ha observado un patrón particular de reproducción relacionado con las estaciones del año, lo cual indica que las estaciones de apareamiento y de nacimiento son prolongadas (Mead y Potter, 1990).

### **Agrupaciones**

La estructura de las agrupaciones depende de la edad, sexo y estado reproductivo de las toninas. En general, grupos de machos adultos se mueven de grupo en grupo de hembras con crías. El número de crías por grupo incrementa en función del tamaño de grupo (Wells *et al.*, 1980). El tamaño de las agrupaciones depende de la profundidad y de la cercanía a la costa, se observan grupos más grandes en aguas profundas y pelágicas que en aguas someras y costeras, también depende de las técnicas de forrajeo y protección contra depredadores (Wells *et al.*, 1980; Shane *et al.*, 1986; Scott *et al.*, 1990; Defran y Weller, 1999; Wells y Scott, 1999). En algunas zonas el tamaño del grupo varía con la hora del día o la estación del año (Wells *et al.*, 1980). Por ejemplo Bearzi (2005) reportó para las costas de California grupos más grandes y menos homogéneos durante la primavera y verano que durante el invierno.

### **Área de dispersión**

El tamaño del área en el que grupos de toninas se dispersan localmente se considera como muy variable, dependiendo de la latitud, estructura del grupo (edad, sexo y estado reproductivo), temporada del año, movimientos de las presas y densidad de delfines. Estudios en las costas de Florida han reportado áreas de alrededor de 85 km<sup>2</sup> para una población de 105 delfines. Otros trabajos sugieren que el área de dispersión de las hembras con cría es mayor (40 km<sup>2</sup>) que la que utilizan las hembras adultas y subadultas sin cría y los machos adultos (15-20 km<sup>2</sup>). Estas áreas de dispersión en la mayoría de las poblaciones de delfines se sobrelapan promoviendo la mezcla entre individuos de poblaciones diferentes (Shane *et al.*, 1986; Wells y Scott, 1999).

Existen estudios sobre los movimientos de las toninas en sus áreas de dispersión, pero sólo se conocen los movimientos de las toninas costeras, en los que se incluyen

migraciones estacionales, residencia en diferentes grados y movimientos diurnos (Wells *et al.*, 1980). Las migraciones sólo se han registrado en zonas con un considerable cambio de temperatura en invierno (Wells y Scott, 2002). En cuanto a la residencia, -entendida como el patrón de movimiento de un individuo, de un grupo o una población en un hábitat particular-, se considera que un individuo residente es aquel que se ha identificado o avistado más de una vez en tiempos diferentes (reavistamiento) en la misma zona (Ballance, 1990). Si los reavistamientos se prolongan por años se dice que el individuo presenta un alto grado de residencia o fidelidad al sitio (filopatría). Estos movimientos dependen en gran parte de los movimientos de las presas así como de la búsqueda de aguas someras y seguras para la crianza (Shane *et al.*, 1986; Ballance, 1990).

### **Estimación y estructura poblacional**

A diferencia de otros mamíferos marinos, *p. ej.* la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) especie de la cual se conoce con relativa precisión el tamaño y los límites de los diferentes stocks que conforman la población mundial (Baker *et al.*, 1986; Katona y Beard, 1991; International Whaling Commission, 2004), en el caso de las toninas se desconoce su estructura poblacional y por tanto no hay estimación del tamaño poblacional a nivel mundial (Curry y Smith, 1997).

Sobre la estructura poblacional se sabe que las toninas del Océano Pacífico no presentan intercambio genético con las del Atlántico (Dowling y Brown, 1993). Para el Océano Pacífico Oriental Tropical se reconocen tres poblaciones de toninas definidas a partir de diferencias morfológicas, craneométricas, contenido de parásitos y características de la dieta (Walker, 1981). La primera población es llamada *T. gillii*, una forma costera que se distribuye desde el Sur de California hasta las costas de México; la segunda es una forma oceánica que se distribuye al Norte del Pacífico Oriental Templado; y la tercera es una forma también oceánica del Pacífico Tropical, nombrada *T. nuuanu*. A pesar del reconocimiento de estas poblaciones, el Servicio Nacional de Pesquerías de los Estados Unidos (NMFS, por sus siglas en inglés) sólo considera dos unidades de manejo, la costera de California y la oceánica del Pacífico Oriental Tropical (Curry y Smith, 1997).

Para el Atlántico Norte se reconocen dos ecotipos de toninas (costero y oceánico) con diferencias en su morfología, contenido de parásitos, características de la dieta (Mead y Potter, 1990), hemoglobina (Hersh y Duffield, 1990) y genética (Hoelzel *et al.*, 1998). Estos ecotipos en el Acta de Protección de Mamíferos Marinos (MMPA, por sus siglas en inglés) son considerados como unidades de manejo separadas (Waring *et al.*, 2001). También las toninas costeras tanto del Golfo de México como las de la costa Atlántica, presentan un aislamiento genético significativo, considerándose poblaciones y unidades de manejo diferentes por el NMFS (Dowling y Brown, 1993; Curry y Smith, 1997).

### **Las toninas en México**

Las toninas en México han recibido especial atención por ser una especie con abundancia relativamente alta y ampliamente distribuida a lo largo de la costa mexicana. Esto ha hecho su investigación relativamente fácil tanto en el Golfo de México (Gallo-Reynoso, 1988; Heckel-Dziendzielewsk, 1992; Delgado-Estrella, 1991, 1996; López-Hernández, 1997), Caribe mexicano (Ortega-Ortiz, 1996), como en el Océano Pacífico mexicano y

Golfo de California (De la Parra-Venegas y Galván-Pastoriza, 1985; Ballance, 1992; Reza-García, 2001; Acevedo-Gutiérrez, 1991; Morteo *et al.*, 2004).

Particularmente para el Pacífico mexicano se tienen registros y estudios sobre las variaciones morfológicas que presentan las toninas en la zona. En 1950 Mayer encontró en Sonora dos especímenes de *T. gillii* describiéndolos como más robustos y con la mandíbula más gruesa que los referidos como *T. nuuanu*. En 1961 Norris y Prescott, basándose en diferencias observadas entre formas costeras y oceánicas, mencionaron que existía una confusión entre dos posibles especies del género *Tursiops* en el Mar de Cortés. En 1983 Urbán-Ramírez, distinguió dos morfotipos de toninas, una gris medio a claro con una longitud de 1.8 a 2.8 m, distribuida en la Isla Socorro, Cabo San Lucas, Bahía de la Paz, costa occidental de Baja California Sur, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y el Pacífico centro Americano. El otro morfotipo corresponde a toninas de color gris parduzco oscuro, con una longitud de 3 a 4 m, distribuidos en los alrededores de las Islas Marietas, y en la boca de Bahía de Banderas, Nayarit en los meses de febrero y abril de 1982 (Urbán-Ramírez, 1983).

Vidal-Hernández (1993), encontró diferencias en medidas craneométricas de animales costeros y oceánicos del Golfo de California y concluyó que en sentido taxonómico estas diferencias no eran suficientes para hacer separación entre especies y propuso que estas formas geográficas podrían considerarse como razas geográficas<sup>3</sup>. Posteriormente Díaz-Gamboa (2003), basándose en análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno, confirmaron la presencia de estos dos morfotipos de toninas (costeras y oceánicas) donde la forma costera es más grande, de color más claro en la pared dorsal, con el rostro más corto y amplio y las aletas pectorales aparentemente más cortas que la forma oceánica.

7

### Las toninas en la Bahía de Banderas

Los estudios realizados con las toninas de Bahía de Banderas se centran en la distribución y abundancia. Salinas-Zacarías y Bourillón-Moreno (1988) y Ruíz-Boijseauneau (1995) registraron variaciones de la abundancia con relación a la profundidad (el número de toninas observadas en aguas someras fue mayor que en aguas profundas). Ruíz-Boijseauneau concluyó que las toninas de la Bahía de Banderas posiblemente pertenecen a la forma costera y que los animales observados en zonas profundas sólo transitan por la región (toninas oceánicas que entran a la bahía para alimentarse). Por otro lado, no encontró diferencias entre la abundancia y la temporada del año; tampoco observó migraciones estacionales y al utilizar la técnica de fotoidentificación para calcular la abundancia absoluta identificó a 180 individuos y señaló que la probabilidad de captura de las toninas de la zona es heterogénea y que en general las hembras con crías son más difíciles de fotografiar. Mejía-Olguín (2004) utilizando el catálogo fotográfico de Ruíz-Boijseauneau, obtuvo un registro máximo de cuatro reavistamientos para un individuo, con que concluyó que las toninas de la bahía corresponden a una población abierta y altamente dinámica en asociaciones.

---

<sup>3</sup> Raza geográfica:

a) Es el conjunto de poblaciones locales de una especie que difieren en sus requerimientos ecológicos sin adquirir diferencias taxonómicas importantes (Mayr y Ashlock, 1991).

b) Término poco preciso a veces equivalente a subespecie o formas genéticas con polimorfismos dentro de una población (Futuyma, 1998).

# PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN



Diversos estudios sugieren que en el Océano Pacífico Oriental ocurren al menos tres formas de *Tursiops truncatus* que se han descrito como morfotipos e incluso especies diferentes (Walker, 1981; Urbán-Ramírez, 1983). Pero entre estas formas no se han identificado diferencias genéticas (Hoelzel *et al.*, 1998) concordantes con una separación taxonómica formal o de ecotipos según Turesson (1930; en Krebs, 1985). De manera general se reconoce la existencia de una forma costera y una oceánica, pero su identidad no siempre es del todo clara, especialmente al sur de Baja California (Norris y Prescott, 1961; Vidal-Hernández, 1993). Como consecuencia, una correcta caracterización de la variación de esta especie es importante para evaluar adecuadamente los diversos riesgos que las diferentes poblaciones de la especie enfrentan por su intensa interacción con las actividades humanas, así como para identificar sus respuestas poblacionales ante el cambio ambiental natural y antropogénico.

8

En la Bahía de Banderas parecen ocurrir formas de toninas en simpatria parcial, lo cual plantea una identificación compleja de formas y poblaciones, necesaria en la filogeografía de estos animales. En este trabajo se planteo identificar formas de toninas, sin ninguna preconcepción, a partir de observaciones de tamaño y coloración. En caso de existir, se planteó determinar la correspondencia de tales formas con indicadores ecológicos y demográficos de identidad poblacional tales como son la 1) distribución espacial y temporal, 2) la distribución espacial y temporal de la ocurrencia de crías, 3) la variación temporal en el tamaño de grupo, 4) los patrones de vagilidad y dispersión y 5) la modelación de la abundancia absoluta.

Se eligió a la Bahía de Banderas y aguas aledañas, por que representan una localidad costera modelo de la zona de transición del Pacífico Oriental Tropical en la cual existen zonas someras y profundas en un área relativamente pequeña y accesible a la navegación en embarcaciones menores. La bahía presenta una alta riqueza biológica y por ello la CONAMP y la CONABIO la consideran prioritaria como área natural protegida (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1988). Asimismo, tiene alta riqueza y abundancia de mamíferos marinos (Salinas-Zacarías y Bourillón-Moreno 1988; Medrano-González *et al.*, 2005 y 2006) y algunos estudios la identifican como parte de un área importante para procesos de crecimiento/contracción (Salazar-Bernal, 2005; Pompa-Masilla, 2007) y

dispersión/fragmentación poblacionales que han determinado la estructura filogeográfica de algunas especies de mamíferos marinos como los delfines moteados (Escorza-Treviño *et al.*, 2002) y la ballena jorobada (Medrano-González *et al.*, 2001).

Analizar la identidad de formas y poblaciones de toninas en la Bahía de Banderas, con particular atención al establecimiento de poblaciones locales, es pues, importante para conocer y conservar esta población o poblaciones pero también para comprender la historia poblacional de las toninas en el Océano Pacífico Oriental así como la riqueza biológica e importancia biogeográfica de la región.

# OBJETIVOS



## General

1) Identificar diferentes formas de *Tursiops truncatus* en la Bahía de Banderas y determinar su identidad poblacional mediante información ecológica y demográfica.

## Particulares

- 1) Identificar formas de toninas mediante el registro de características morfológicas discretas, reconocibles en el mar.
- 2) Determinar la distribución espacial y temporal de las formas de toninas identificadas.
- 3) Determinar la variación espacial y temporal en la ocurrencia de crías.
- 4) Determinar variaciones temporales en el tamaño de grupo.
- 5) Determinar patrones de vagilidad y dispersión mediante el método de marcaje y recaptura.
- 6) Modelar y estimar la abundancia absoluta mediante el método de marcaje y recaptura.

## ZONA DE ESTUDIO



### Geología y topografía

La Bahía de Banderas es la segunda bahía más extensa de la República Mexicana. Se ubica en el extremo Norte de Jalisco y Sur de Nayarit, entre las latitudes  $21^{\circ}27'36''$  y  $20^{\circ}23'24''$  N y entre las longitudes  $105^{\circ}54'$  y  $105^{\circ}11'24''$  W. La bahía está formada por una marcada internación de la costa entre Punta Mita (Nayarit) al Norte y Cabo Corrientes (Jalisco) al Sur (Figura 3). Es una bahía abierta, y su entrada tiene un ancho máximo de Norte a Sur de 31.5 kilómetros (Km) y una longitud de 38.9 Km (Este-Oeste). Su área total es de  $987 \text{ Km}^2$  (Secretaria de Marina, 1975/6; Salinas-Zacarías y Bourillón-Moreno, 1988).

11

En la entrada Norte se localiza el Archipiélago de las Marietas, formado por dos pequeñas islas rocosas, tres islotes y un par de rocas de poca altura (Salinas-Zacarías y Bourillón-Moreno, 1988). La Isla Redonda es la más alta (59 metros sobre el nivel del mar, msnm) y se ubica en la posición  $20^{\circ}42' \text{ N}$  y  $105^{\circ}35' \text{ W}$ . A 1 Km de distancia de la Isla Redonda en dirección Oeste, se encuentra la Isla Larga, isla de menor altura (43 msnm) que se ubica en la posición  $20^{\circ}41' \text{ N}$  y  $105^{\circ}15' \text{ W}$ . En la parte más externa de la boca de la bahía se encuentra una roca de poca altura llamada la Corbeteña (Figura 3) ubicada en la posición  $20^{\circ} 44' \text{ N}$  y  $105^{\circ} 51' \text{ W}$  (Secretaria de Marina, 1975/6; Ladrón de Guevara-Porras, 1995, 2001).

La costa Norte de la bahía -desde Punta de Mita hasta Bucerías- es baja y arenosa, está constituida en su mayor parte por pequeños acantilados interrumpidos por pequeños tramos de playa arenosa o cantos rodados. La costa Este de Bucerías a Tomatlán- está compuesta básicamente por extensas playas arenosas que son continuación del Valle de Banderas localizado al Norte de Puerto Vallarta. La costa sur -de la boca de Tomatlán a Cabo Corrientes- es alta con numerosos acantilados entre los que hay valles y playas numerosas en las que desembocan ríos de la costa Este (Salinas-Zacarías y Bourillón-Moreno, 1988).

La Bahía de Banderas está dividida en una porción Norte y una Sur por la isobata de 200 metros (m) la cual cruza aproximadamente por la parte media. Las aguas de la porción Norte son someras incluyendo a las Islas Marietas. Hacia la porción Sur, las profundidades se incrementan gradualmente en dirección sureste, alcanzando una profundidad máxima de 1400 m frente a las costas de los poblados Quimixto y Yelapa, Jalisco (Secretaria de Marina, 1975/6).

## Clima

Esta zona presenta dos tipos de climas: Semicálido subhúmedo (A(C) W (W)) y cálido subhúmedo (AW (W)), los dos con lluvias en verano. La precipitación total anual varía de 1000 a 2000 milímetros (mm), siendo menor al Norte y mayor en las zonas montañosas al sur.

Los promedios de temperatura superficial del agua registrados son de 23.6° C durante el invierno, de 26.6° C durante la primavera, de 28.5° C durante el verano y de 26.8° C durante el otoño. La temperatura media anual de la bahía varía aproximadamente 2° C de la parte Norte a la parte media Sur, siendo más cálida al Norte (Salinas-Zacarías y Bourillón-Moreno, 1988).

## Oceanografía

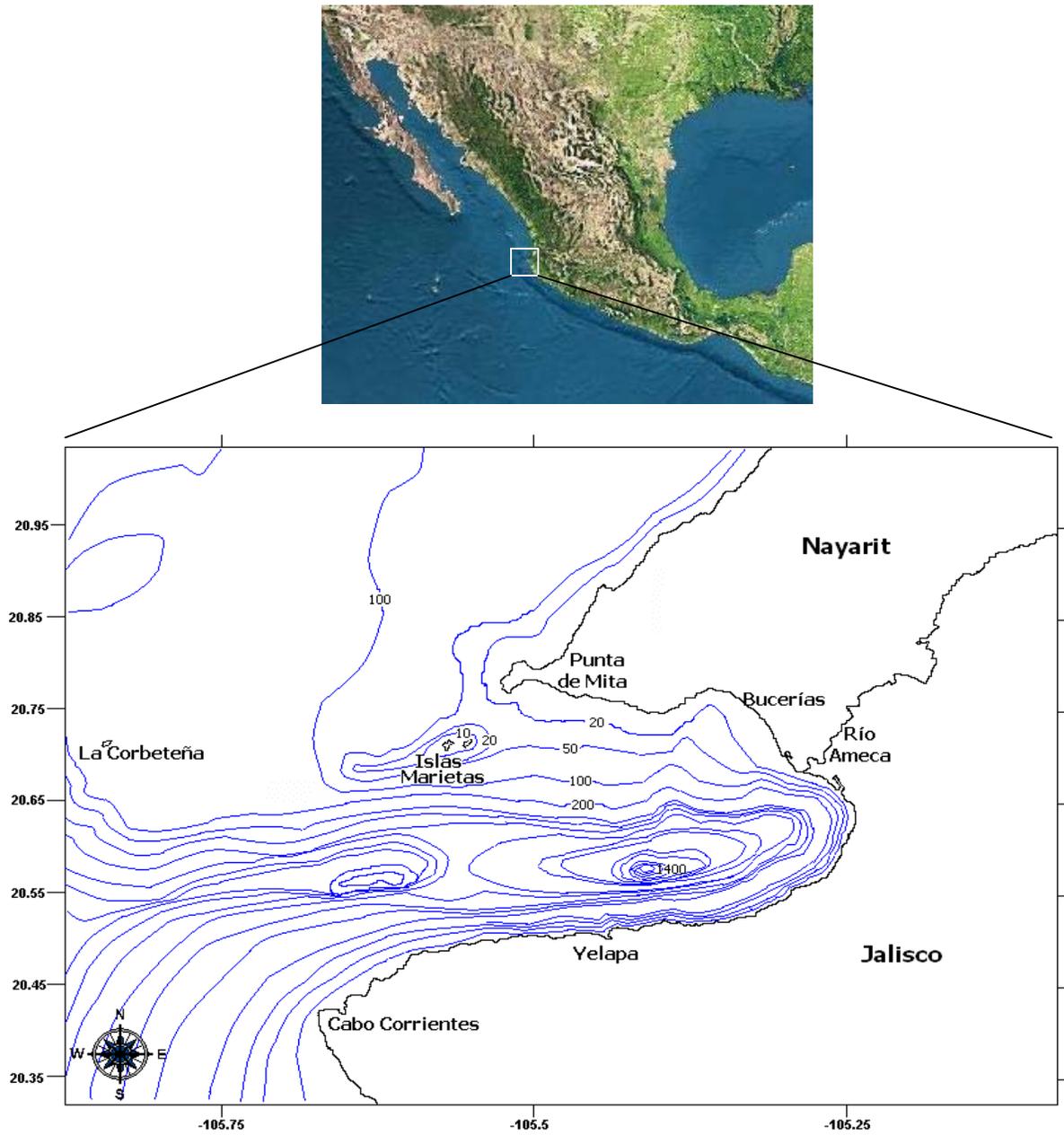
La Bahía de Banderas se ubica en la zona de convergencia de dos sistemas de corrientes superficiales, la corriente de California y las ecuatoriales. La corriente de California es un movimiento amplio (hasta de 800 km de ancho y 500 m de profundidad), lento (velocidad típica de 20 cm/s), persistente de norte a sur, aporta agua fría (15-20 °C) a la bahía y es de febrero a junio cuando se muestra con más fuerza. El segundo es un sistema de corrientes y contracorrientes paralelas al ecuador, de las cuales sólo la Contra corriente Nor-Ecuatorial alcanza los 21° N y proporciona aguas cálidas a la bahía (26 °C), estos dos sistemas de corrientes superficiales no sólo aportan calor a la bahía si no también, nutrientes y biomasa (Wyrтки, 1966; Fernández-Eguiarte *et. al.*, 1993).

12

Dentro de las corrientes hidrológicas presentes, la más importante es la del Río Ameca (Figura 3) que marca el límite estatal entre Jalisco y Nayarit y aporta una gran cantidad de materia orgánica y sedimento en época de lluvias (Salinas-Zacarías y Bourillón-Moreno, 1988).

## Biodiversidad

La Bahía de Banderas se ubica en la convergencia de dos zonas biogeográficas -tropical y subtropical- lo que contribuye a la presencia de organismos de los dos ambientes (Servièrè-Zaragoza, 1993), esta característica junto con su topografía, oceanografía y clima, permiten la existencia de una gran variedad de hábitats, como playas arenosas, dunas costeras, zonas de manglares, canales de corrientes, pozas de marea, plataformas mixtas, riscos, zonas profundas, que a su vez contribuyen a la gran diversidad de especies de algas, moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, peces, aves residentes y migratorias y mamíferos marinos (Servièrè-Zaragoza, 1993; Lora-Jaimes, 1998; Enciso-Padilla, 2000). La bahía también es la región de mayor desarrollo de corales en el Pacífico Central de México. Esta biodiversidad y los procesos biológicos de la bahía se ven impactados por algunos fenómenos naturales como el ciclo de El Niño, La Niña y eventos de marea roja (Medina y Cupul, 2000).



**Figura 3:** Ubicación y batimetría de la Bahía de Banderas, México. Mapa topográfico (arriba) modificado de *www.googleearth.com*. Mapa de batimetría (abajo) modificado de Ladrón de Guevara-Porras (1995).

# MÉTODOS



## Trabajo de Mar

Se visitó la Bahía de Banderas de enero 2003 a abril 2005 navegando por toda la bahía y aguas aledañas en embarcaciones menores. El área monitoreada (total ca. 2000 Km<sup>2</sup>) se dividió en seis zonas según la profundidad y cercanía a la costa (Figura 4) y se hizo una división estacional como secas (enero a junio) y lluvias (julio a diciembre) dado el régimen climático, la influencia de corrientes marinas y temperatura del agua (Wyrcki, 1966). En ocasiones se navegó sin una trayectoria predefinida en relación con estudios simultáneos sobre la ballena jorobada; en otras ocasiones, se navegó con rumbos diseñados para monitorear zonas particulares. En todos los avistamientos de toninas se registró la fecha, posición con un Sistema de Posición Global (GPS, por sus siglas en inglés), número de animales (tamaño de grupo), presencia de crías, temperatura superficial del agua y otros datos ambientales como la nubosidad, el estado del mar en la escala de Beaufort y la visibilidad (Apéndice 1). Todas las navegaciones se hicieron en horas de luz (0700 – 1700 hrs), en estado del mar con Beaufort hasta tres y visibilidad mínima de cinco millas náuticas (mn) juzgada por los puntos de tierra visibles con nitidez.

14

## Registro de tamaño y coloración

En cada avistamiento se trató de navegar paralelo y lo más cercanamente posible a los delfines, el tiempo de navegación para cada avistamiento varió de 30 minutos (min) a 2 horas (h), según el tamaño del grupo, las condiciones ambientales y/o la conducta de los delfines. El tamaño se registró como pequeño (longitud ca. 2.5 m) o grande (longitud ca. 3 m o mayor) utilizando como referencia la longitud de la embarcación (variable ca. 7 m). Se anotó asimismo la coloración procurando observarla cercanamente y en diferentes ángulos para minimizar el error de apreciación por la iluminación y la distancia. La coloración se codificó como evidentemente clara, oscura o café. Se anotó también si los animales presentaban una mancha blanca en el dorso del pedúnculo caudal con la que se identifica la forma denominada Socorro por su ocurrencia en aguas alrededor de la Isla Socorro y en las cercanías de Los Cabos, BCS (Medrano-González, comunicación personal).

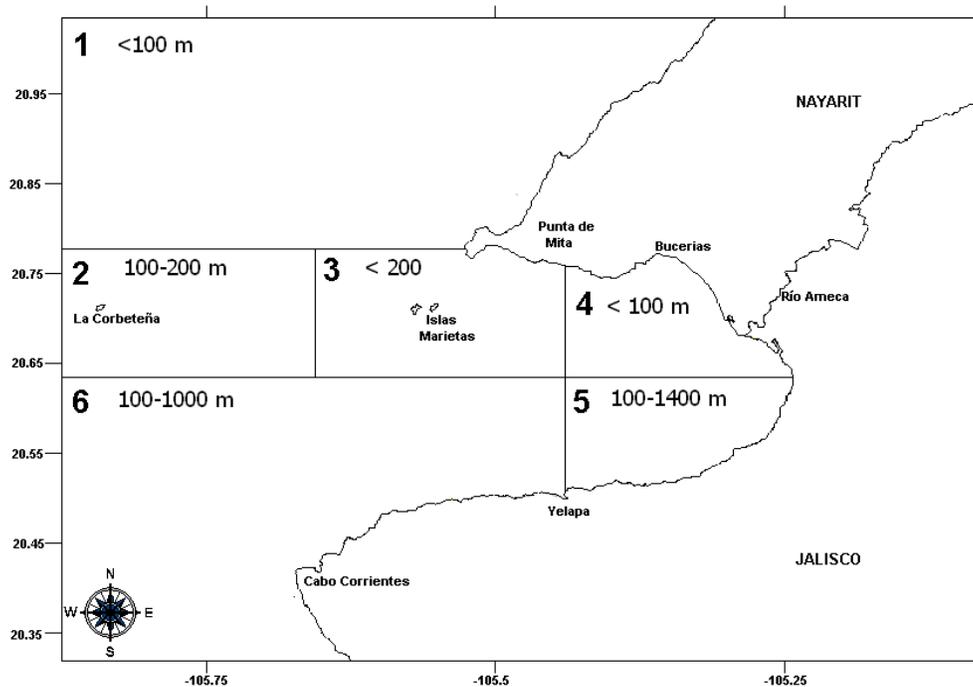
Los registros de tamaño y coloración siempre se hicieron por avistamiento y sólo cuando había animales adultos a juzgar por su robustez, grado de marcaje y/o presencia de crías. En los grupos numerosos la asignación de tamaño y coloración se hizo según la estimación de estas dos características en la mayoría de los delfines y se generalizó para todo el

grupo. En grupos donde el tamaño y la coloración eran muy variables sólo se tomaron los datos generales de avistamiento y no fueron tomados en cuenta para el análisis por formas.

El 85% de los registros los hizo la autora y el resto de las observaciones fue realizado por el personal del grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM.

### Fotoidentificación

Al navegar paralelo a los individuos y registrar el tamaño y la coloración, también se tomaron fotografías de ambos lados de la aleta dorsal. Las fotografías se tomaron con película blanco/negro y a color utilizando cámaras reflex, mecánicas, semiautomáticas y/o digitales. La película utilizada fue T-max, ASA 400. Las imágenes en película fotográfica se digitalizaron y junto con las digitales se crearon bancos de imágenes en formato TIF. Se eligieron las fotos con buena calidad para identificar a los individuos por sus marcas. Se rotularon con los datos generales de avistamiento y número de rollo o fotografía. Las imágenes seleccionadas por cada avistamiento se compararon primero entre sí para obtener el número de individuos diferentes por avistamiento y luego se compararon entre avistamientos para identificar recapturas entre avistamientos y entonces determinar el número total de animales diferentes identificados. Las fotografías obtenidas se compararon con el catálogo fotográfico de Ruíz-Boijseauneau (1995).



**Figura 4:** División del área de estudio en seis regiones según su cercanía a la costa e intervalos de profundidad. Valores de profundidad en metros (m).

Con las imágenes de los individuos diferentes (Anexo), se formó un Catálogo de *Tursiops truncatus* para el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM. A

cada individuo diferente se le asignó una clave en la que se indica la especie, localidad, fecha de avistamiento (año y mes) y un número serial, como clave de identificación única e irrepetible. Por ejemplo, la clave TtrBB0401-001 indica:

- Ttr: Iniciales de la especie,
- BB: Iniciales de la localidad de avistamiento (Bahía de Banderas),
- 04: Dos últimas cifras del año de avistamiento (2004),
- 01: Número de mes (Enero) y
- 001: Número serial único del individuo.

Este catálogo incluye fotografías de animales reavistados, es decir, cada identificación está documentada con una o más imágenes del mismo individuo cuya identidad se registra con el número serial o clave única. El número serial es independiente de la forma asignada y es en la base de datos asociada al catálogo donde se registra. Esto hace que la forma de los individuos se asigne siempre por la observación en el mar sin conocimiento de registros previos para así permitir la identificación y evaluación de errores de asignación de forma.

## **Análisis de datos**

16

### **Identificación de formas**

Con la prueba de  $\chi^2$  se definieron las formas de toninas como combinaciones correlacionadas de tamaño y coloración tomando en cuenta sólo a los avistamientos donde el tamaño y la coloración se registraron con certidumbre. El resto de los avistamientos se utilizaron en el análisis de la distribución espacial y temporal general de las toninas en la Bahía de Banderas.

### **Distribución espacial y temporal**

La abundancia relativa se definió con el número de individuos por distancia navegada (mn) esta última se calculó por temporada y para cada zona con el programa SectoNav<sup>4</sup> desarrollado *ex profeso* por Luis Medrano González para operar sobre los datos de navegación. Los datos de georreferencia de cada avistamiento se ordenaron en una hoja de cálculo y luego se proyectaron en mapas con el programa ArcView (GIS 3.2). Se hicieron mapas donde se incluyeron todos los avistamientos y mapas de cada forma en las diferentes estaciones del año.

### **Tamaño de grupo y ocurrencia de crías**

Un grupo se consideró como todos los animales observados en un radio de ca. 500 m (Defran y Weller, 1999). El tamaño del grupo se registró con el consenso de todos los observadores y se determinó con certidumbre en pocos casos de avistamientos con hasta

---

<sup>4</sup> SectoNav estima un radio terrestre a partir de la latitud y considera la esfericidad de la tierra.

20 individuos. En los casos de grupos muy dispersos, el conteo de los organismos vistos en superficie se multiplicó por 3 (Medrano González, comunicación personal).

Debido a la dificultad de contar a los individuos y a las crías en cada avistamiento, la ocurrencia de crías se determinó como la fracción de avistamientos con crías distinguiendo formas y fechas a lo largo del año. Las posiciones de todos los avistamientos con crías se proyectaron en mapas diferenciando secas y lluvias.

Los datos del tamaño de grupo se ordenaron por el número de día en que fueron registrados<sup>5</sup>, se agruparon por cada cinco días y se construyeron perfiles del cambio del tamaño de grupo y la ocurrencia de crías promedio con desviación estándar a través del año.

Para conocer la frecuencia del tamaño de las agrupaciones, los datos se ordenaron por forma y de acuerdo al número de día en que fueron registrados. Estos datos se ordenaron en una escala ascendente y tras analizarlos se formaron ocho categorías (1, 2, 3-5, 6-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50). Se obtuvo el número de avistamientos y de individuos por categoría y se calculó la frecuencia del tamaño de grupo para ambos.

### Vagilidad

Con los datos de posición geográfica y fecha de individuos capturados con identificación fotográfica, se determinó el tiempo (días) y distancia (mn) entre capturas sucesivas de un mismo individuo. Con ambos datos se determinó la velocidad media entre las capturas cuyo cambio en el tiempo tiene información sobre la dispersión de los animales. Se compararon los resultados de vagilidad de las diferentes formas de toninas con los resultados obtenidos para el delfín de dientes rugosos, *Steno bredanensis*, de la Bahía de Banderas (Pompa-Mansilla, 2007) el cual tiene una distribución marcadamente oceánica (Reeves *et al.*, 2002). Según Medrano González (en elaboración), la velocidad media ( $V_t$ ) a través del tiempo ( $t$ ) aparenta en la representación log-log la siguiente ley de potencias:

$$V_t = V_1 t^{-k}$$

donde  $V_1$  es el parámetro de vagilidad y se define como la distancia que los animales pueden recorrer en una unidad de tiempo (un día) y  $k (>0)$  es el parámetro de dispersión en relación inversa con el radio en que los animales pueden dispersarse a través del tiempo. Los parámetros  $V_1$  y  $k$  de cada forma de tonina se determinaron mediante regresión lineal de los datos  $V_t$  vs  $t$  en representación log-log y con ellos se construyó un perfil  $D_t$  vs  $t$  en el que se determinó el parámetro  $D_{10,000}$  (ca. 30 años) como la dispersión en una generación. La integral para determinar el radio de dispersión en el tiempo,  $D_t$  para  $k \neq 1$  es:

$$D_t = V_1 \frac{t^{1-k} - k}{1 - k}$$

---

<sup>5</sup> El número de día se obtuvo con la correspondencia de la fecha según los días transcurridos del año (p. ej. 4 de febrero = día 35)

En el caso  $k = 1$ , la integral es:

$$D_t = V_i (\ln(t) + 1)$$

### Estimación de abundancia absoluta

De acuerdo al examen de la distancia y tiempo de dispersión, se decidió considerar como recapturas independientes para la estimación de abundancia absoluta, a aquellas separadas por más de 15 mn (el tamaño aproximado de la Bahía de Banderas) y/o 20 días. Estos son valores en los que hay pocos datos de recapturas permitiendo distinguir recapturas en distancias cortas y periodos largos y recapturas en distancias largas y periodos breves.

La estimación poblacional de mamíferos marinos (tradicionalmente compleja) es difícil de calcular, pues las variables teóricas supuestas en modelos estadísticos son difíciles de cumplir en condiciones naturales, sobre todo cuando se trata de estimadores de poblaciones cerradas (Buckland, 1987). En este trabajo se estimó la abundancia absoluta calculada con el programa Fidfid3c, desarrollado por Luis Medrano González, a partir del número de individuos identificados y de sus recapturas. El Fidfid3c examina tres estimadores: 1) La modificación de Bailey (1951) al estimador fundamental de Petersen, 2) La tasa de aparición de nuevos individuos y 3) La distribución del número de capturas (Darling y Morowitz, 1986) (Apéndice 2). Fidfid3c calcula estos estimadores mediante la determinación tradicional de mínimos cuadrados entre los datos y predicciones teóricas de modelos poblacionales simples y fijos para diferentes valores propuestos de abundancia. Luego, a Fidfid3c se le ingresan uno o dos parámetros de diferentes modelos a escoger de heterogeneidad en la probabilidad de captura. El programa simula el esfuerzo real de captura con reemplazo en estas poblaciones modeladas determinando mínimos cuadrados entre los datos reales y los arrojados por las simulaciones. Por cada valor de abundancia en examen, Fidfid3c determina datos promedio de 100 simulaciones para comparar con los datos reales. Los modelos examinados son los siguientes:

18

0) Una población homogénea con probabilidad de captura por individuo  $1/N$  (donde  $N$  es la abundancia absoluta). La diferencia con el análisis de fórmulas tradicionales es que en este caso se considera la distribución del esfuerzo en las simulaciones.

1) Dos poblaciones (Grande y Pequeña o bien, Clara y Oscura) con probabilidad de captura por individuo cada una de  $1/N_1$  y  $1/N_2$ , donde  $N_1$  y  $N_2$  son respectivamente el tamaño de las poblaciones 1 y 2.

2) Tres poblaciones (GCG, GCP y GO) con probabilidad de captura por individuo cada una de  $1/N_1$ ,  $1/N_2$  y  $1/N_3$  donde  $N_1$ ,  $N_2$  y  $N_3$  son respectivamente el tamaño de las poblaciones 1, 2 y 3.

3) Una población (GCG, GCP, GO o el total) con distribución heterogénea de la probabilidad de captura definida para cada individuo  $i$ , desde  $i=1$  hasta  $i=N$ , como sigue:

$$p_i = \frac{1}{N_i^\alpha}$$

donde  $\alpha=0$  indica homogeneidad en la probabilidad de captura y heterogeneidad creciente en paralelo al incremento en  $\alpha>0$ . Una interpretación de este modelo es que se observa una fracción de una población con distribución más amplia que la zona monitoreada y/o con tiempo de recambio mayor al tiempo de monitoreo y para los cuales, los individuos observados tienen un grado de filopatría.

5) Algunas combinaciones exploratorias de  $N$  y  $\alpha$  combinadas para dos y tres poblaciones.

Para cada valor propuesto del parámetro  $\alpha$ , se determina la congruencia ( $C_{dc}$ ) entre los estimadores de la curva de aparición de nuevos individuos ( $d$ ) y la distribución del número de capturas ( $c$ ) como sigue:

$$C_{dc} = 1 - abs\left(\frac{N_d - N_c}{N_{dc}}\right)$$

donde  $abs$  indica el valor absoluto;  $N_d$  es el estimador de la curva de aparición de nuevos individuos;  $N_c$  es el estimador de la distribución del número de capturas; y  $N_{dc}$  es el promedio de ambos. Nótese que  $C_{dc}$  puede ser negativo si la diferencia entre los estimadores supera su promedio.

Se determina asimismo la proporción ( $P$ ), del valor de mínimos cuadrados ( $M$ ), con respecto al estimador, esto es:  $P_d = M_d/N_d$  y  $P_c = M_c/N_c$ .

19

Dado un conjunto completo de estimaciones para diferentes valores de  $\alpha$ , se definen valores de optimización de error para cada tipo de estimador ( $O_d$  y  $O_c$ ), con las proporciones máximas de error encontradas ( $P_{dmax}$  y  $P_{cmax}$ ), como sigue:

$$O_d = 1 - \frac{P_d}{P_{dmax}}$$

$$O_c = 1 - \frac{P_c}{P_{cmax}}$$

Nótese que los valores de optimización son cero cuando  $P=P_{max}$ .

Finalmente, se determina un valor de optimización total ( $O_{total}$ ), de la estimación, basado en los mínimos de error de los dos estimadores ( $O_d$  y  $O_c$ ) y la congruencia entre ellos ( $C_{dc}$ ), como sigue:

$$O_{tot} = O_d O_c C_{dc}$$

Nótese que  $O_d$ ,  $O_c$ ,  $C_{dc}$  y  $O_{tot}$  tienen un valor máximo de uno.

### Identificación poblacional de los morfotipos

Para cada forma de tonina, se compilaron los datos de abundancia relativa por zona en secas y lluvias (12 caracteres), parámetros de vagilidad y dispersión (dos caracteres),

promedio y desviación estándar del tamaño de grupo en secas y lluvias (cuatro caracteres), ocurrencia de crías en secas y lluvias (dos caracteres). Esta información arrojó un total de 20 caracteres. Los valores de los caracteres se normalizaron para poder ser comparados entre si, manteniendo la variación proporcional entre cada forma mediante la siguiente fórmula:

$$X_n = \frac{X - X_p}{\sigma}$$

donde  $X_n$  es el valor normalizado del carácter,  $X$  es el valor original del carácter,  $X_p$  es el promedio del carácter entre las formas y  $\sigma$  es la desviación estándar de  $X$ .

Con la matriz de caracteres ecológicos y demográficos normalizados, la separación de formas se hizo mediante los análisis de componentes principales y de cúmulos, usando la distancia euclidiana, con el programa NTSYS (Pc Versión 2.10 N).

# RESULTADOS



## Esfuerzo de navegación y observación

Se navegó un total de 11146.233 millas náuticas (mn) (20642.82 Km) durante 1433.85 horas (Cuadros 1 y 2). Se navegó en un área de ca. 2000 Km<sup>2</sup> (Figura 5) considerando que en cada trayecto se cubre un ancho de visión mínimo de 1 Km, el área total visitada se monitoreó globalmente al menos 10 veces. El hecho de navegar con un punto base en tierra y las condiciones de oleaje hicieron que las aguas al Oeste y Suroeste de la bahía (zonas 2 y 6) fuesen menos visitadas (11.7% de la navegación total) mientras que la parte Norte de la bahía (zona 3) ocupase la mayor navegación (54.6%) (Figura 5, Cuadro 1).

21

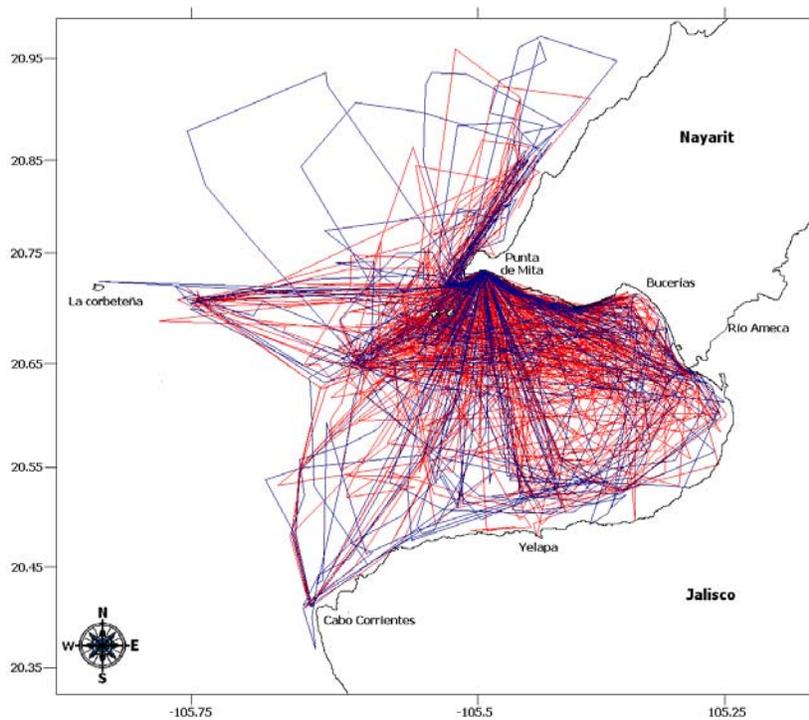


Figura 5: Rutas de navegación realizadas en Bahía de Banderas durante las temporadas de lluvias (representadas por las líneas azules) y secas (representadas por las líneas rojas).

**Cuadro 1:** Esfuerzo de navegación para cada zona y temporada. El esfuerzo es expresado en millas náuticas (mn) y porcentaje (entre paréntesis). Las zonas están representadas en las figuras 4,6-11.

Zona	Navegación				Total [mn (%)]	
	Secas [mn (%)]		Lluvias [mn (%)]			
1	631.877	(8.063)	453.318	(13.699)	1085.195	(9.736)
2	414.394	(5.288)	254.557	(7.692)	668.951	(6.002)
3	4276.051	(54.562)	1350.964	(40.824)	5627.015	(50.484)
4	1191.240	(15.200)	430.308	(13.003)	1621.548	(14.548)
5	897.357	(11.450)	611.678	(18.484)	1509.035	(13.541)
6	426.107	(5.437)	208.382	(6.297)	634.489	(5.692)
<b>Total</b>	<b>7837.026</b>	<b>(100)</b>	<b>3309.207</b>	<b>(100)</b>	<b>11146.233</b>	<b>(100)</b>

El esfuerzo fue también heterogéneo a lo largo del año, siendo mayor en la época de secas (70.5% de la navegación total), debido fundamentalmente al esfuerzo simultáneo para el estudio de las ballenas jorobadas entre enero y abril. Al ponderar el esfuerzo, las toninas resultaron más abundantes y más agregadas en la época de secas (1.47 individuos/h en secas vs 1.083 individuos/h en lluvias; 12.6 individuos/avistamiento en secas vs 7.15 individuos/avistamiento en lluvias). La tasa de encuentro con toninas fue mayor en la época de lluvias (0.117 avistamientos/h en secas vs 0.151 avistamientos/h en lluvias) lo cual indica que en este tiempo las toninas están más disgregadas (Cuadro 2).

22

**Cuadro 2:** Esfuerzo de observación de toninas en la Bahía de Banderas.

Temporadas de Muestreo	Fechas de muestreo	Navegación		Observaciones	
		Días	Horas	Individuos	Avistamientos
Secas	17 Ene-25 Mar 2003	49	334.00	245	38
	21 Ene- 08 Abr 2004	58	332.90	722	39
	17 Ene-16 Mar 2005	43	287.83	354	27
	19-22 Abr 2005	4	56.32	144	13
<b>Total Sec</b>		<b>154</b>	<b>1011.05</b>	<b>1465</b>	<b>117</b>
Lluvias	15-27 Jul 2003	10	67.19	99	13
	16-24 Oct 2003	8	55.20	74	11
	30 Nov-12 Dic 2003	7	51.46	79	6
	16-22 Oct 2004	7	58.72	26	3
	16-20 Nov 2004	4	77.92	108	10
	2-6 Dic 2004	5	112.32	111	19
<b>Total Llu</b>		<b>41</b>	<b>422.80</b>	<b>497</b>	<b>62</b>
<b>TOTAL</b>		<b>195</b>	<b>1433.85</b>	<b>1962</b>	<b>179</b>

### Identificación de formas

Del total de 179 avistamientos, a 75 (41.9 %) se les registro tamaño y coloración en el mar. El resto de los avistamientos (104) consistieron en grupos con individuos pequeños y grandes con coloración variable así como de animales vistos de lejos. Sin embargo, el número de individuos con asignación de forma en campo fue más del 50 %. Secas fue la temporada donde al 58.7% de los individuos se le pudo asignar forma a diferencia de la temporada de lluvias con 37.6% (Cuadro 3).

Cuadro 3: Número de individuos y avistamientos sin y con asignación de tamaño y color en el mar, T y C respectivamente.

Temporadas de muestreo	Número de Individuos		Número de avistamientos	
	Sin/T y C	Con/T y C	Sin/T y C	Con/T y C
Secas	604	861	63	54
Lluvias	310	187	41	21
<b>TOTAL</b>	<b>914</b>	<b>1048</b>	<b>104</b>	<b>75</b>

La correlación entre tamaño y color dada por la prueba de  $\chi^2$ , indica la existencia de las formas Gris Claro Pequeño (GCP), Gris Oscuro (GO), Café Pequeño (CA) y forma Socorro Grande (Soc). Se observa una gran cantidad de individuos Gris Claro Grande (GCG) cuyo valor de  $\chi^2$  no es estadísticamente significativo por la ocurrencia de las formas GCP y GO. Este alto número de organismos, sin embargo, pone en evidencia la existencia de una forma GCG lo cual implica la necesidad de resolver la existencia de las formas GCP, GCG y GO como tales *vs* la división Grandes (GO y GCG) y Pequeños (GCP) *vs* la división Claros (GCG y GCP) y Oscuros (GO). La forma CA se registró sólo en dos ocasiones durante la temporada de lluvias y un individuo fotoidentificado como café posteriormente se recapturó registrado como GCP. Todas las demás recapturas de individuos con registros de color y tamaño ( $n= 46$ ) fueron concordantes. La forma café entonces, puede ser una variante de color de la forma GCP o acaso una forma de ocurrencia marginal en la Bahía de Banderas. La forma Socorro se observó en dos ocasiones en ambas estaciones, con una ocurrencia marginal en la bahía (Cuadros 4 y 5).

23

### Distribución espacial y temporal

En la temporada de secas se registraron los valores más altos de abundancia relativa para todas las formas. La forma GCG fue la más abundante en las dos estaciones del año. Se observó que la zona de mayor registro para la forma GCG es la zona 4. La forma GCP fue la tercera más abundante, siendo la zona 4 en secas y la zona 3 en lluvias donde se obtuvieron los valores más altos de abundancia relativa. La forma GO fue la segunda en abundancia, siendo la zona 2 en secas y la 4 en lluvias donde más se registró. (Cuadro 6 y Figura 6).

La forma GCG se registró en las costas aledañas a la desembocadura del Río Ameca, la zona entre las Islas Marietas y Punta de Mita (Canal de Mita), alrededor de las Marietas y algunos en la Corbeteña (Figura 7). La forma GCP se registró con una distribución muy parecida a la GCG pero más restringida a las cercanías del Ameca y al Canal de Mita (Figura 8). La forma GO se observó con una distribución también parecida a la de la forma GCG pero más en las afueras de la bahía que en la desembocadura del Ameca (Figura 9). La forma Soc se registró en el Canal de Mita y la Corbeteña. La forma CA se registró cerca de Cabo Corrientes (Figura 10). Estas distribuciones son esencialmente iguales en secas y en lluvias.

**Cuadro 4:** Formas comunes de toninas en la Bahía de Banderas identificadas por la correlación entre tamaño y color según la prueba  $\chi^2$ .

Forma	Características	
GCG	Gris Claro Grandes (más de 3 m)	
GCP	Gris Claro Pequeños (menos de 3 m)	
GO	Gris Oscuros	

**Cuadro 5:** Número de individuos observados y valores de la prueba de independencia  $\chi^2$  ( $g/ = 3$ ) (entre paréntesis) de distintas combinaciones de tamaño y color de toninas en la Bahía de Banderas.

Color / Tamaño	Grande	Pequeño	Total
Gris claro	569 (3.89)	324 (11.3)	893 (15.2)
Gris oscuro	193 (17.1)	0 (49.5)	193 (66.5)
Café	0 (8.12)	11 (23.7)	11 (31.9)
Socorro	36 (2.12)	0 (6.15)	36 (8.27)
<b>Total</b>	<b>798 (31.2)</b>	<b>335 (90.6)</b>	<b>1133 (122)</b>

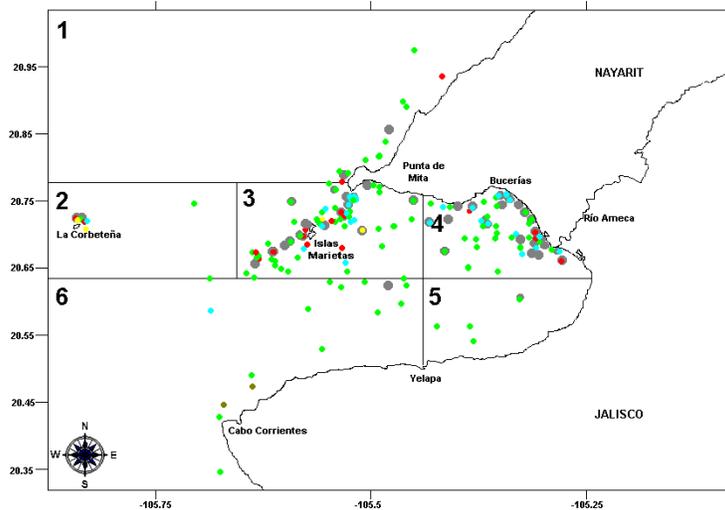
$\chi^2 = 7.815$ ,  $\alpha = 0.050$ ;  $\chi^2 = 16.266$ ,  $\alpha = 0.001$

**Cuadro 6:** Abundancia relativa (individuos/mn) de las formas de toninas por zona y por temporada. GCG: Gris Claro Grande; GCP: Gris Claro Pequeños; GO: Gris Oscuros; CA: Café; SO: Socorro; S/For: sin forma; sec: secas y llu: lluvias. En negritas se indica la zona con mayor abundancia de cada forma y temporada.

Zona	GCGsec	GCGllu	GCPsec	GCPllu	GOsec	GOllu	CAllu	SOsec	SOllu
1	0.032	0.007	0.000	0.000	0.032	0.007	0.000	0.000	0.000
2	0.121	0.000	0.007	0.000	<b>0.048</b>	0.000	0.000	<b>0.007</b>	<b>0.039</b>
3	0.046	0.025	0.022	<b>0.022</b>	0.022	0.007	0.000	<b>0.007</b>	0.001
4	<b>0.226</b>	<b>0.070</b>	<b>0.060</b>	0.000	0.042	<b>0.019</b>	0.000	0.000	0.000
5	0.006	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	<b>0.013</b>	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Total</b>	<b>0.430</b>	<b>0.102</b>	<b>0.089</b>	<b>0.029</b>	<b>0.144</b>	<b>0.033</b>	<b>0.013</b>	<b>0.014</b>	<b>0.040</b>

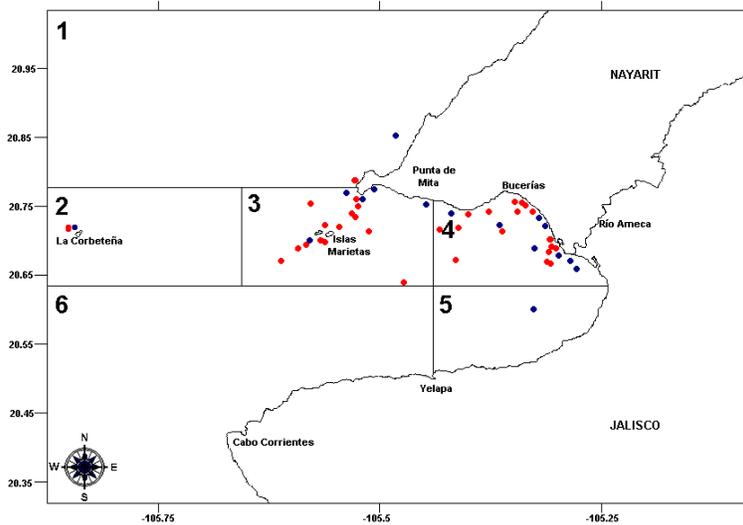
## Tamaño de grupo y ocurrencia de crías<sup>6</sup>

La forma con mayor número de avistamientos con crías fue la GCG (siete registros), siendo la temporada de lluvias en la cual se registraron más avistamientos con crías. Para la forma GCP no se detectaron diferencias en la ocurrencia de crías entre temporadas. Para la forma GO sólo hubo un registro de crías en la temporada de secas (Cuadro 7). Los avistamientos con crías se observaron en zonas cercanas al Río Ameca y en el Canal de Mita. Sólo hubo un registro de crías en la Corbeteña (Figura 11).



25

**Figura 6:** Distribución de las formas de toninas identificadas en la Bahía de Banderas y áreas aledañas durante secas y lluvias. Cian: GCP; gris: GCG; rojo: GO; café: CA; amarillo: Soc y verde sin forma asignada.



**Figura 7:** Distribución de la forma GCG: Gris Claro Grande. Rojo: secas; azul: lluvias.

<sup>6</sup> A partir de este análisis no se tomaron en cuenta las formas Soc y CA, por la escasez de datos.

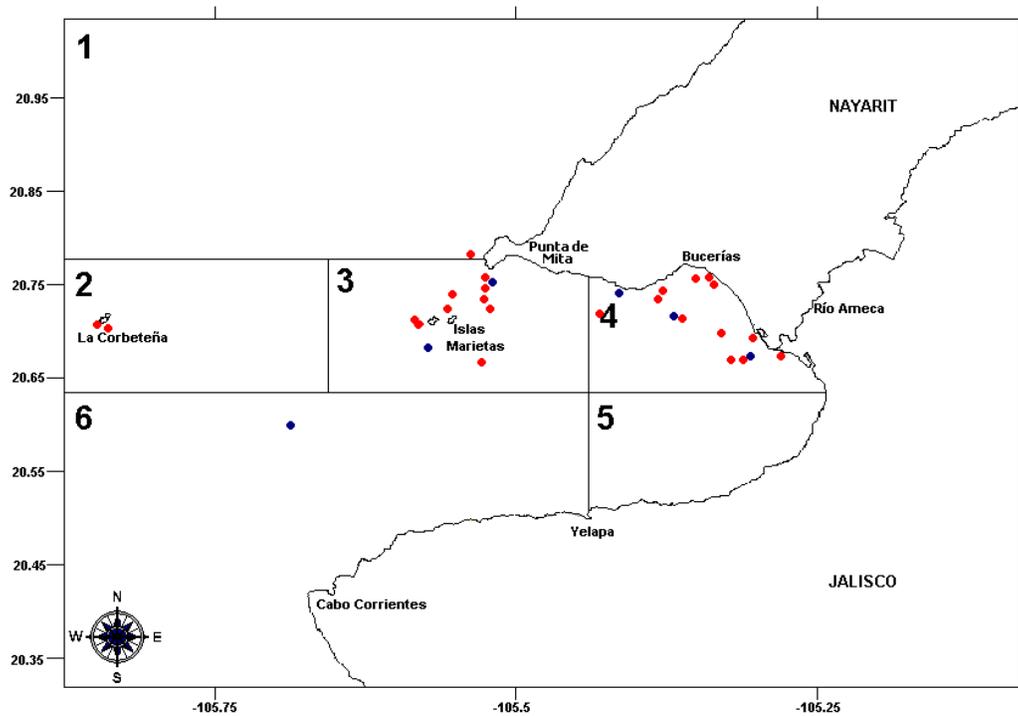


Figura 8: Distribución de la forma GCP: Gris Claro Pequeña. Rojo: secas; Azul: llluvias.

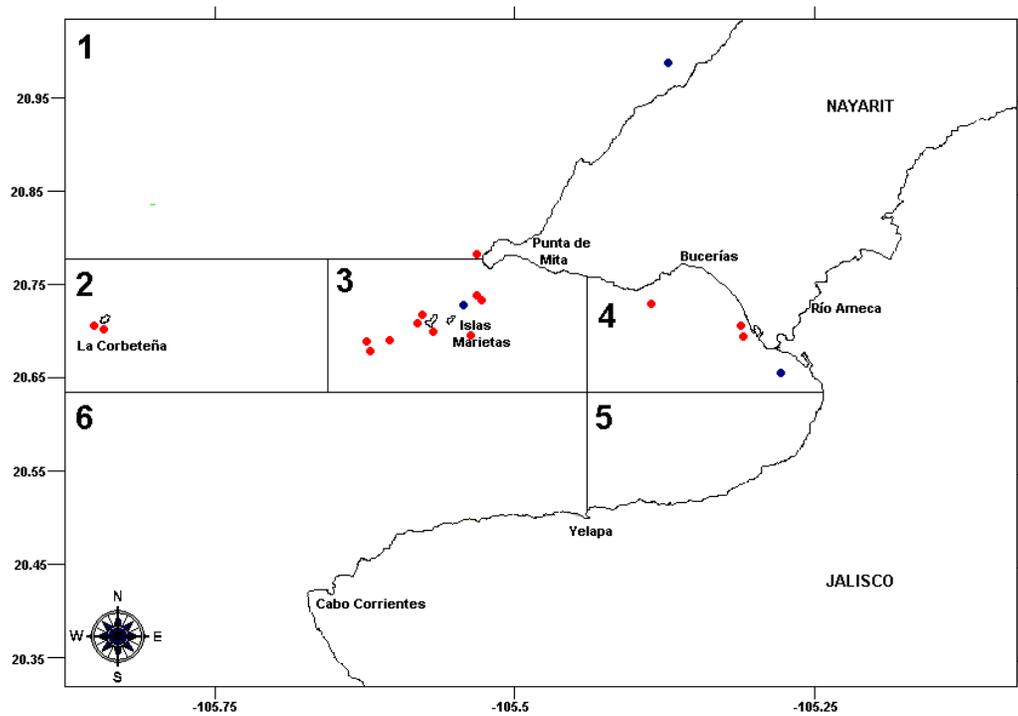
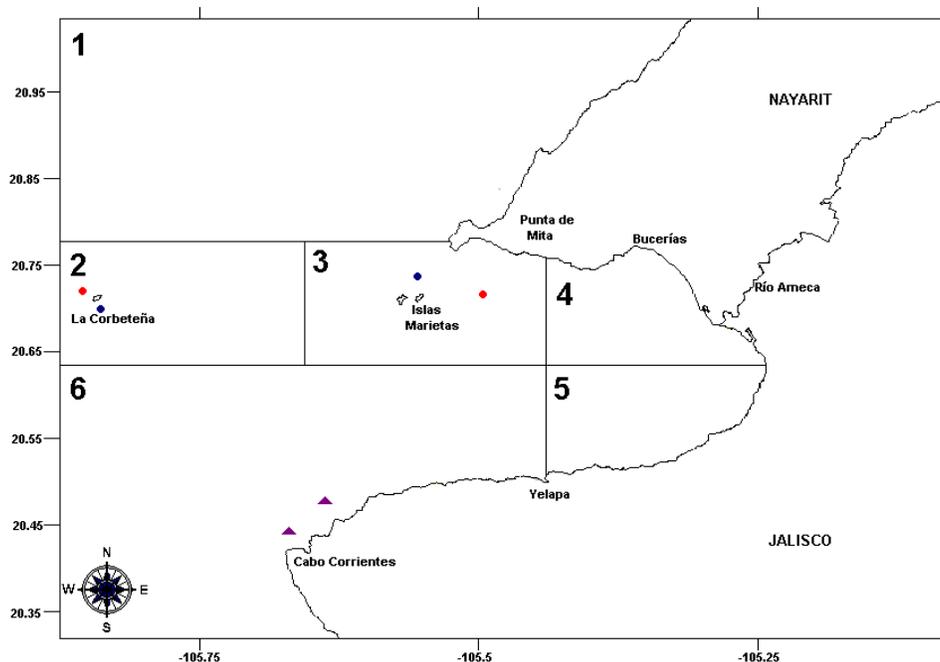


Figura 9: Distribución de la forma GO: Gris Oscura. Rojo: secas; Azul: llluvias.



**Figura 10:** Distribución de la forma CA: Café, triángulo (sólo lluvias). Distribución de la forma Soc: Socorro. Rojo: secas; Azul: lluvias.

**Cuadro 7:** Avistamientos totales de *Tursiops truncatus* por forma y por temporada (Ttr Sec/Llu); avistamientos de *Tursiops truncatus* con crías en Secas/Lluvias (Crías Sec/Llu); fracción de avistamientos con crías (f Crías Sec/Lluv).

	GCP	GCG	GO	Total
Ttr Sec	16	22	7	45
Crías Sec	4	3	0	7
Ttr Llu	4	8	4	16
Crías Llu	1	4	1	6
f Crías Sec	0.25	0.13	0.00	0.16
f Crías Llu	0.25	0.50	0.25	0.38

Para la forma GCG se observa una asociación entre el tamaño de grupo y la ocurrencia de crías siendo, ambas condiciones mayores en los meses de octubre-noviembre y marzo (Figura 12). Esta forma tiene una ocurrencia de crías de 0.22. La forma GCP tiene más crías en octubre y hacia abril, a diferencia de GCG, que tiene menor tamaño de grupo con la ocurrencia de crías (en total es 0.23). Para la forma GO sólo se hizo un registro con crías en octubre, en coincidencia con una disminución del tamaño de grupo. A diferencia de la forma GCP, la GO tiende a agruparse más en el invierno (Figura 12). La forma con las agrupaciones más grandes fue la GCG y sus agrupaciones más comunes fueron de 20 a 30 individuos con promedio de 17.8. La forma GCP presentó agrupaciones de hasta 30 individuos y sus agrupaciones más frecuentes fueron de 10 a 20 individuos con promedio de 12.9. Las agrupaciones más grandes para la forma GO fueron de 40 animales, pero fue más común observarlas en agrupaciones de 6 a 10 individuos con promedio de 10.9 (Figura 13).

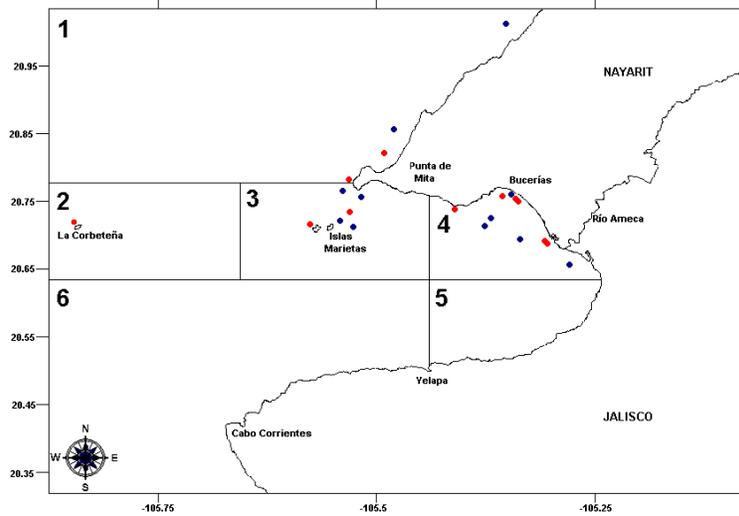


Figura 11: Distribución de todas las crías de *Tursiops truncatus* por temporada. Rojo: secas; Azul: lluvias.

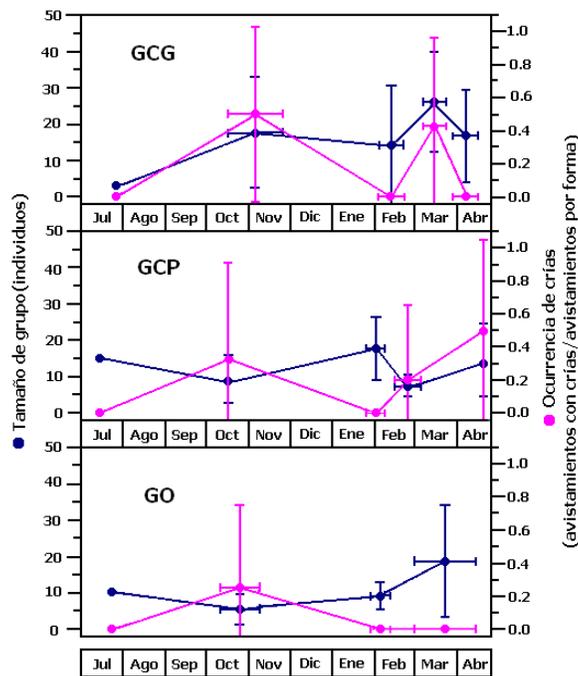
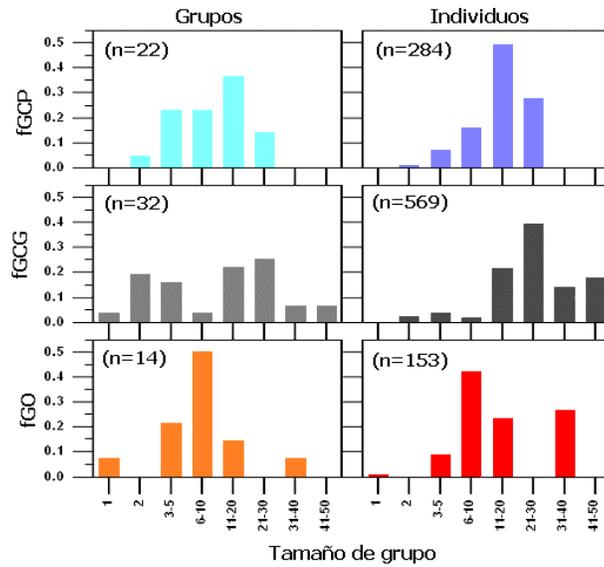


Figura 12: Tamaño de grupo y ocurrencia de crías para las tres formas de toninas en la Bahía de Banderas, durante el periodo enero 2003-abril2005. GCG: Gris Claro Grande; GCP: Gris Claro Pequeño; GO: Gris Oscuro.

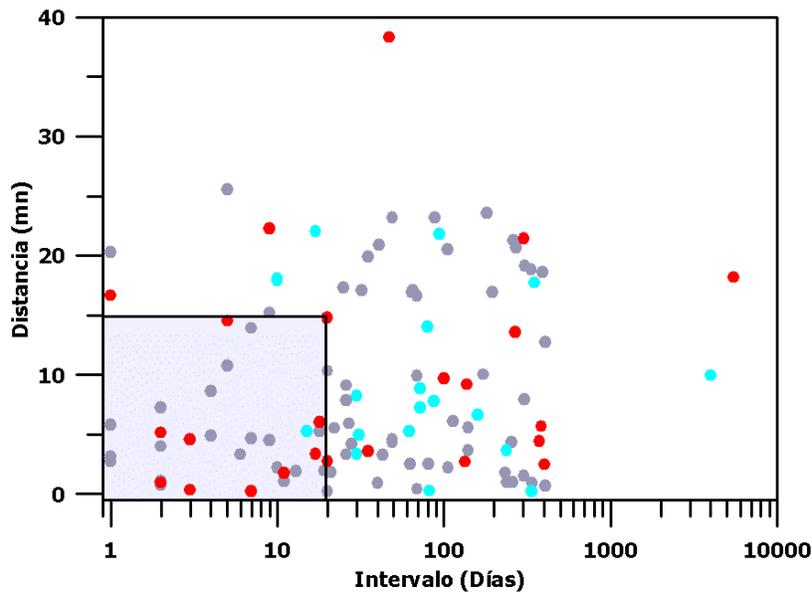
### Vagilidad

Se obtuvo un total de 131 reavistamientos de 58 individuos. La relación de distancia y tiempo transcurrido entre capturas (Figura 14), muestra que individuos de la forma GCG se registran en un intervalo máximo de 406 días en los que hay separación de 13 mn y

distancia máxima entre capturas de 25 mn recorridas en cinco días. En la forma GCP se registró un intervalo máximo de 4015 días con distancia de 10 mn y distancia máxima de 22 mn recorridas en 17 días y la forma GO se registró en un intervalo de 5502 días con separación de 19 mn y una distancia máxima de 38 mn recorridas en 48 días.



**Figura 13:** Frecuencia relativa del tamaño de grupo por avistamiento y por individuo para las tres formas de toninas en la Bahía de Banderas. fGCP: frecuencia de la forma Gris Claro Pequeño; fGCG: frecuencia de la forma Gris Claro Grande; fGO: frecuencia de la forma Gris Oscuro; n: número de agrupaciones totales (gráficas-izquierda) y número de individuos (gráficas-derecha).



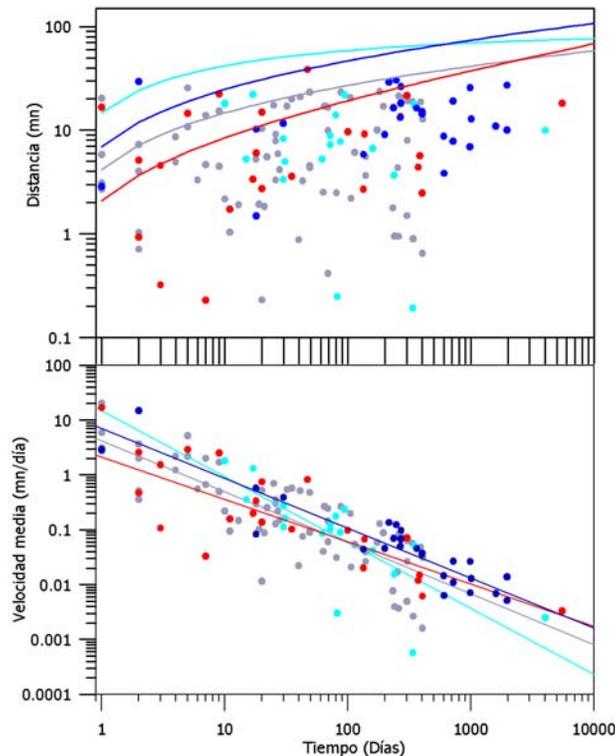
**Figura 14:** Relación de la distancia y tiempo de todas las recapturas de toninas. En el recuadro se indican las recapturas que para fines de estimación de abundancia absoluta no se consideraron independientes por ser demasiado cercanas en distancia y en tiempo. Cian: GCP; Gris: GCG; Rojo: GO.

Los animales identificados como GCG presentaron una velocidad de dispersión por día ( $V_1=D_1$ ) intermedia entre las formas de toninas, con un factor de dispersión ( $k$ ) también intermedio y menor a uno. La forma GCP presentó el valor  $D_1$  más rápido y un radio de dispersión más extenso que el resto de las formas. Y la forma GO presentó una velocidad de dispersión más lenta que el resto de las formas pero su radio de dispersión fue el mayor. Las tres curvas de velocidad media de dispersión vs tiempo de las toninas parecen cruzarse en el mismo punto sugiriendo que la relación inversa entre velocidad y radio de dispersión en las toninas pudiera derivar de una restricción. En el caso de *Steno bredanensis*, el parámetro  $D_1$  es el segundo más rápido y lo mismo ocurre con el factor de dispersión que es menor a uno. Esto hace que *S. bredanensis* tenga el mayor radio de dispersión a largo plazo ( $D_{10,000}$ ) (Cuadro 8 y Figura 15).

**Cuadro 8:** Parámetros de vagilidad y dispersión de las diferentes formas de toninas *Tursiops truncatus* (GCP, GCG y GO) y del delfín de dientes rugosos *Steno bredanensis* (Sbred; datos tomados de Pompa-Mansilla, 2007).  $D_1$ : distancia recorrida en un día;  $D_{10,000}$ : distancia recorrida en 10,000 días (ca. una generación);  $k$ : factor de dispersión;  $r^2$  coeficiente de regresión.

Forma	$D_1$	$D_{10,000}$	$k$	$r^2$
GCG	4.20	58.59	0.93	0.62
GCP	14.69	76.34	1.20	0.65
GO	2.09	68.39	0.77	0.61
Sbred	6.94	107.44	0.91	0.85

30



**Figura 15:** Comportamiento de la distancia de dispersión (gráfica superior) y velocidad media (millas náuticas/día; gráfica inferior) calculados para las tres formas de *Tursiops truncatus* (Cian: GCP; Gris: GCG; Rojo: GO) y *Steno bredanensis* (línea azul). Los puntos indican los datos; las líneas en la gráfica de velocidad indican las regresiones de las leyes de potencias y las líneas en la gráfica de distancia su integral, como se indica en la sección de análisis de datos.

## Estimación de abundancia absoluta

Se catalogó un total de 338 toninas individuales (Anexo 1), de las cuales pudo asignarse forma a 208; 136 de la forma GCG, 37 de la forma GCP, y 31 de la forma GO. El examen de distancia y tiempo entre recapturas indicó que sólo 112 de las 131 recapturas mencionadas en la sección de vagilidad fueron eventos independientes, que correspondieron a 53 individuos; 32 de la forma GCG, 10 de la forma GCP y 11 de la forma GO (Figura 16). Al comparar este catálogo con el de Ruíz-Boijseauneau (1995), se recapturaron individuos de las formas GCP y GO identificados por primera vez en 1992 y 1991 respectivamente. Estas recapturas son indicadas en la sección de vagilidad con intervalos de 4015 y 5502 días respectivamente.

Las estimaciones de abundancia absoluta calculada de manera tradicional con los métodos de Petersen modificado por Bailey (1951), la distribución del número de capturas ( $N_c$ ; Figura 16), la tasa de aparición de nuevos individuos ( $N_d$ ; Figura 17) y un consenso de estos dos últimos estimadores ( $N_{cdc}$ ) (Darling y Morowitz, 1986) muestran incongruencia. Para el caso del total hay oscilación entre 290 y 800 individuos. Los estimadores sugieren que la forma GCG es la más abundante (220–640 individuos) y la GO es la menos abundante (30–60 individuos). Al ponderar la heterogeneidad del esfuerzo de captura en simulaciones de poblaciones ideales, los estimadores se hacen más congruentes hacia las estimaciones más pequeñas (Cuadro 9).

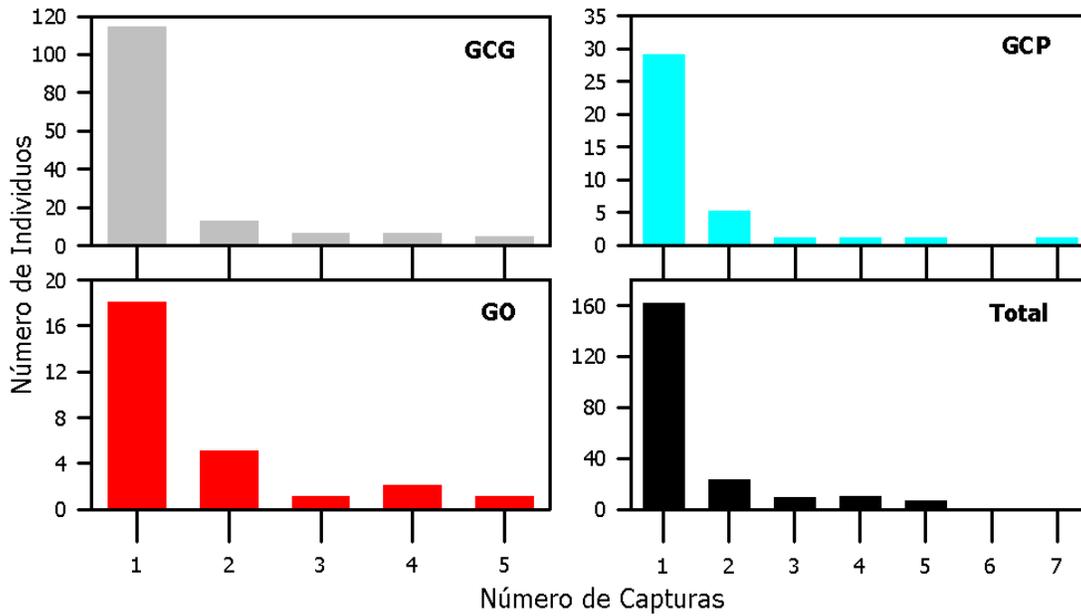
31

Para modelar la heterogeneidad en las probabilidades de captura, se eligió un modelo de filopatría con parámetro alfa el cual indica homogeneidad en cero y heterogeneidad con valores positivos. Para la forma GCG, se encontró un solo valor alfa óptimo ( $\alpha=1.2$ ) y las otras formas presentaron dos valores adecuados ( $\alpha=0.1$  y  $1.4$  para GCP;  $\alpha=1.2$  y  $1.6$  para GO). Los estimadores correspondientes son 3330 para GCG, 60 y 3890 para GCP así como 120 y 4990 para GO (Cuadro 10 y Figura 18).

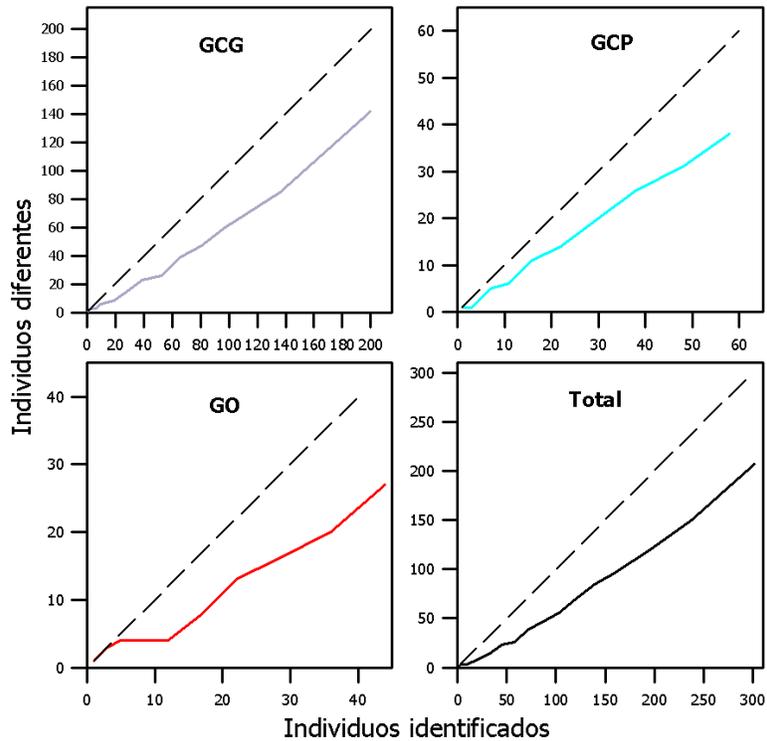
Al evaluar algunos modelos que suponen la existencia de dos o tres poblaciones, cada una con proporciones definidas de tamaño y valor de heterogeneidad en la probabilidad de recaptura,  $\alpha$ , basados en las estimaciones de abundancia y heterogeneidad por separado, y realizar 10 ensayos, se obtuvieron dos modelos adecuados: 1) Un modelo de dos poblaciones (grandes y pequeños, GG y GP) con proporciones  $f=0.98$  y  $0.02$ , heterogeneidades  $\alpha=1.2$  y  $0.0$  y abundancia total de 7290 individuos, 2) Un modelo de tres poblaciones con proporciones  $f=0.73$ ,  $0.17$  y  $0.17$ , heterogeneidades respectivas  $\alpha=1.0$ ,  $0.0$  y  $1.5$  y abundancia total de 3050 individuos (Cuadro 11). Para el primer modelo, se evaluaron variaciones de  $\alpha$  encontrando los casos más adecuados en  $\alpha=1.2$  para GG y GP con estimadores correspondientes en 10,010 y 9520 (Cuadro 12 y Figura 19).

**Cuadro 9:** Estimadores de abundancia absoluta de las formas de toninas GCG, GCP y GO calculados con las formulas tradicionales (Form) y mediante simulaciones de la heterogeneidad del esfuerzo de captura (Sim).  $N_{pet}$ : estimación de Petersen-Bailey;  $N_c$ : estimación por la distribución del número de capturas;  $N_d$ : estimación por la aparición de nuevos individuos;  $N_{cdc}$ : consenso de  $N_c$  y  $N_d$ .

Estimadores	GCG		GCP		GO		Total	
	Form	Sim	Form	Sim	Form	Sim	Form	Sim
$N_{pet}$	288	278	85	54	42	35	419	367
$N_c$	640	330	130	80	60	48	800	458
$N_d$	220	180	50	50	30	34	290	264
$N_{cdc}$	350	290	60	60	40	38	400	388



**Figura 16:** Distribución del número de capturas de las diferentes formas de toninas. GCG: Gris Claro Grandes; GCP: Gris Claro Pequeños; GO: Gris Oscuros.



**Figura 17:** Curvas de aparición de nuevos individuos de las diferentes formas y del total de toninas de la Bahía de Banderas durante el periodo enero 2003 – abril 2005. La línea punteada es la diagonal que corresponde a la ausencia de recapturas. GCG: Gris Claro Grande; GCP: Gris Claro Pequeño; GO: Gris Oscuro.

**Cuadro 10:** Modelos de abundancia absoluta con heterogeneidad en la marcabilidad ( $\alpha$ ).  $N_{Pet}$ : estimador de Petersen-Bailey simulado;  $N_c$ : estimador de la distribución de capturas simulado;  $N_d$ : estimador del número de individuos identificados simulado;  $N_{C_d}$ : consenso entre  $N_c$ - $N_d$ ; Cong abs  $N_c$ - $N_d$ : congruencia absoluta entre  $N_c$  y  $N_d$ ;  $O_{total}$ : valor de optimización.

FORMA	$\alpha$	$N_{Pet}$	$N_c$	$N_d$	$N_{C_d}$	Cong abs $N_c - N_d$	$O_{total}$
GCG	0.0	278	330	180	290	0.412	0.301
	0.1	277	360	190	290	0.382	0.284
	0.2	282	370	210	310	0.448	0.336
	0.3	261	350	210	310	0.500	0.381
	0.4	256	390	220	320	0.443	0.349
	0.5	254	470	250	330	0.389	0.317
	0.6	256	520	300	380	0.463	0.391
	0.7	269	650	330	520	0.347	0.302
	0.8	265	800	500	640	0.538	0.481
	0.9	268	1110	660	1030	0.492	0.447
	1.0	262	2250	1360	1490	0.507	0.470
	1.1	257	4810	3030	4580	0.546	0.512
	<b>1.2</b>	<b>197</b>	<b>3960</b>	<b>3330</b>	<b>3330</b>	<b>0.827</b>	<b>0.681</b>
	1.3	158	3660	3660	3660	1.000	0.587
	1.4	135	4560	4560	4560	1.000	0.318
	1.5	108	4370	4370	4370	1.000	0.086
1.6	91	5170	6460	6080	0.778	0.000	
GCP	0.0	54	80	50	60	0.538	0.412
	<b>0.1</b>	<b>56</b>	<b>80</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>0.538</b>	<b>0.415</b>
	0.2	62	90	50	70	0.429	0.327
	0.3	58	90	50	70	0.429	0.343
	0.4	58	90	50	70	0.429	0.353
	0.5	55	110	50	70	0.250	0.209
	0.6	63	110	60	90	0.412	0.354
	0.7	57	120	60	90	0.333	0.290
	0.8	63	140	70	110	0.333	0.295
	0.9	65	170	80	140	0.280	0.252
	1.0	68	220	90	190	0.161	0.148
	1.1	60	380	120	220	-0.040	-0.037
	1.2	59	610	200	480	-0.012	-0.012
	1.3	60	2530	570	3560	-0.265	-0.249
	<b>1.4</b>	<b>53</b>	<b>3780</b>	<b>2680</b>	<b>3890</b>	<b>0.659</b>	<b>0.600</b>
	1.5	44	2280	3730	2280	0.517	0.392
1.6	38	5170	4470	4470	0.855	0.473	
1.7	34	4980	5550	4980	0.892	0.293	
1.8	28	4290	7240	7290	0.488	0.064	
1.9	26	4930	540	4930	-0.605	-0.024	
2.0	23	4020	3180	3180	0.767	0.000	
GO	0.0	35	48	34	38	0.659	0.442
	0.1	36	50	30	40	0.500	0.315
	0.2	35	50	30	40	0.500	0.340
	0.3	34	50	30	40	0.500	0.337
	0.4	34	60	40	40	0.600	0.410
	0.5	40	60	40	50	0.600	0.441
	0.6	36	60	40	50	0.600	0.477
	0.7	36	60	40	50	0.600	0.490
	0.8	37	70	50	60	0.667	0.565
	0.9	35	70	60	60	0.846	0.720
	1.0	38	80	60	70	0.714	0.626
	1.1	37	100	70	90	0.647	0.568
	<b>1.2</b>	<b>38</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>1.000</b>	<b>0.876</b>
	1.3	37	210	170	170	0.789	0.710
	1.4	39	350	870	870	0.148	0.133
	1.5	35	1560	1960	2610	0.773	0.682
<b>1.6</b>	<b>33</b>	<b>4990</b>	<b>4990</b>	<b>4990</b>	<b>1.000</b>	<b>0.782</b>	
1.7	28	5960	1510	1510	-0.191	-0.095	
1.8	23	3100	4730	4730	0.584	0.155	
1.9	22	6980	3020	6980	0.208	0.021	
2.0	20	3910	1200	550	-0.061	0.000	

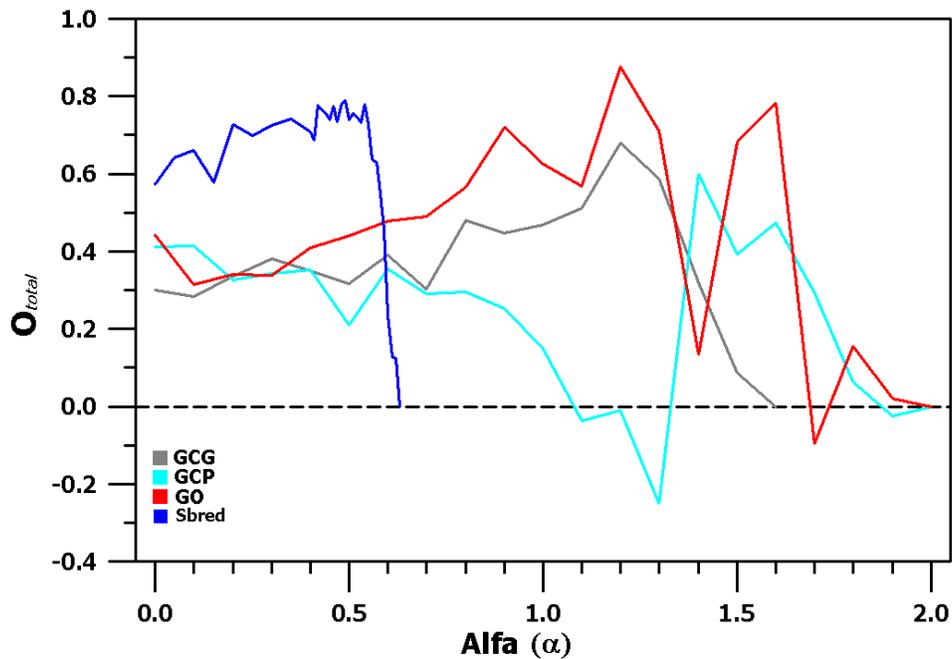


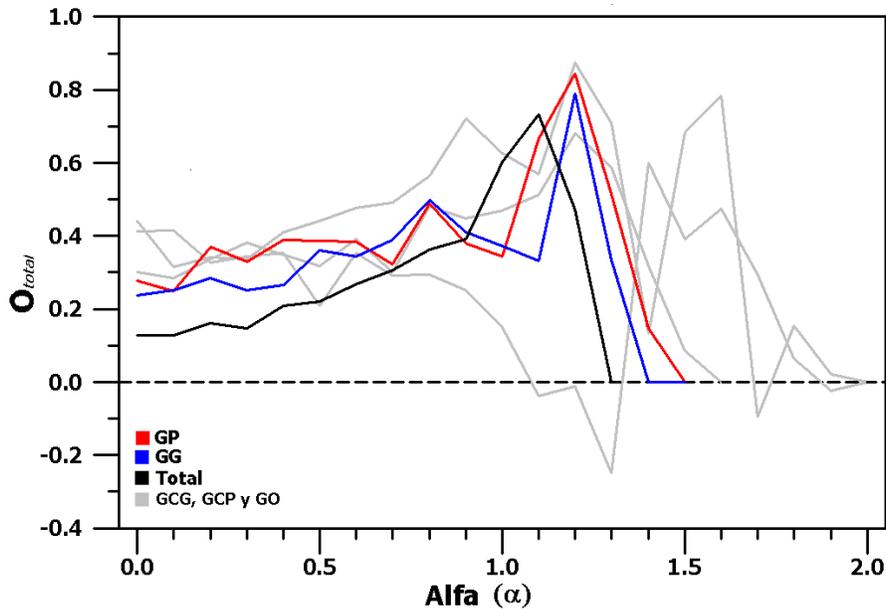
Figura 18: Valores de optimización total ( $O_{total}$ ) para el modelo de abundancia con heterogeneidad en la marcabilidad ( $\alpha$ ) en las tres formas de toninas (GCG, GCG y GO) y en el delfín de dientes rugosos *Steno bredanensis* (Sbred, a partir de datos de Pompa-Mansilla, 2007).

Cuadro 11: Valores obtenidos con diferentes modelos poblacionales. f: proporción de individuos para cada población; alfa ( $\alpha$ ): heterogeneidad en la marcabilidad;  $N_{pet}$ : estimador de Petersen-Bailey simulado;  $N_c$ : estimador de la distribución de capturas simulado;  $N_d$ : estimador del número de individuos identificados simulado;  $N_{dc}$ : consenso entre  $N_c$  y  $N_d$ ; Cong abs  $N_c - N_d$ : congruencia absoluta entre  $N_c$  y  $N_d$ ;  $O_{total}$ : valor de optimización. Se indican con negritas los valores más altos de  $O_{total}$ .

Modelos	$N_{pet}$	$N_c$	$N_d$	$N_{dc}$	Cong abs $N_c - N_d$	$O_{total}$
f = 0.83, 0.17; $\alpha = 0.0, 0.0$ <b>GG y GP</b>	335	720	410	540	0.451	0.271
f = 0.98, 0.02; $\alpha = 1.2, 0.0$ <b>GG Y GP</b>	<b>302</b>	<b>7200</b>	<b>7050</b>	<b>7290</b>	<b>0.979</b>	<b>0.761</b>
f = 0.90, 0.10; $\alpha = 0.0, 0.0$ <b>GC y GO</b>	329	1070	630	750	0.482	0.323
f = 0.73, 0.17, 0.10; $\alpha = 0.0, 0.0, 0.0$ <b>3 poblaciones</b>	342	670	380	510	0.448	0.255
f = 0.73, 0.17, 0.10; $\alpha = 0.25, 0.0, 0.5$ <b>3 poblaciones</b>	371	600	340	500	0.447	0.237
f = 0.73, 0.17, 0.10; $\alpha = 0.5, 0.0, 1.0$ <b>3 poblaciones</b>	350	750	430	610	0.458	0.307
f = 0.73, 0.17, 0.10; $\alpha = 1.0, 0.0, 1.5$ <b>3 poblaciones</b>	<b>342</b>	<b>3320</b>	<b>3050</b>	<b>3050</b>	<b>0.915</b>	<b>0.806</b>
f = 0.95, 0.02, 0.03; $\alpha = 1.2, 0.0, 1.2$ <b>3 poblaciones</b>	266	6720	6610	6720	0.984	0.581
f = 0.95, 0.02, 0.03; $\alpha = 1.3, 0.0, 1.5$ <b>3 poblaciones</b>	233	7210	7210	7240	1.000	0.287
f = 0.95, 0.02, 0.03; $\alpha = 1.3, 0.9, 1.5$ <b>3 poblaciones</b>	185	7290	7290	7290	1.000	0.000

**Cuadro 12:** Valores de los estimadores para dos poblaciones con heterogeneidad en la marcabilidad ( $\alpha$ ). GG: suma de las proporciones de toninas GCG y GO; GP: proporción de toninas GCP;  $N_{pet}$ : estimador de Petersen-Bailey simulado;  $N_c$ : estimador de la distribución de capturas simulado;  $N_d$ : estimador del número de individuos identificados simulado;  $N_{cd}$ : consenso entre  $N_c$ - $N_d$ ; Cong abs  $N_c - N_d$ : congruencia absoluta entre  $N_c$  y  $N_d$ ;  $O_{total}$ : valor de optimización. Se indican con negritas los valores más altos de  $O_{total}$ .

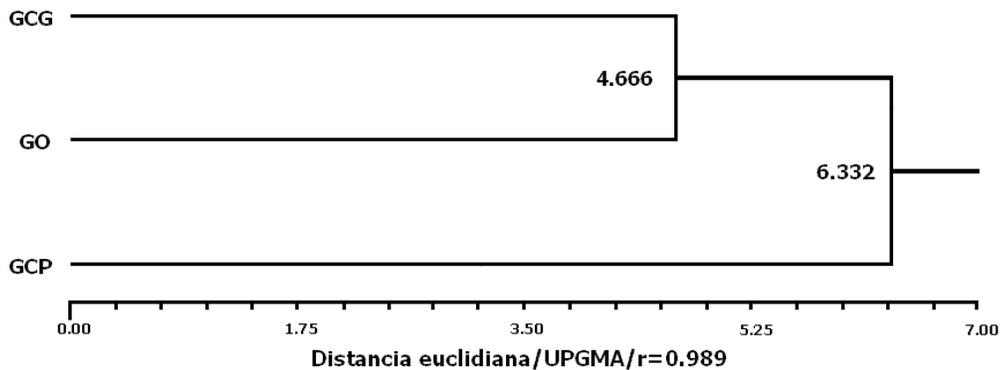
Población	$\alpha$	$N_{pet}$	$N_c$	$N_d$	$N_{cd}$	Cong abs $N_c - N_d$	$O_{total}$
GG	0.0	325	400	220	330	0.419	0.278
	0.1	307	400	210	320	0.377	0.250
	0.2	294	396	250	320	0.548	0.371
	0.3	278	430	250	330	0.471	0.330
	0.4	292	450	280	400	0.534	0.388
	0.5	277	500	300	400	0.500	0.387
	0.6	295	550	320	520	0.471	0.385
	0.7	270	680	360	570	0.385	0.324
	0.8	254	830	530	660	0.559	0.488
	0.9	254	1160	640	930	0.422	0.379
	1.0	263	2190	1150	1880	0.377	0.344
	1.1	251	4800	6350	6350	0.722	0.667
	1.2	<b>208</b>	<b>9960</b>	<b>9740</b>	<b>10010</b>	<b>0.978</b>	<b>0.844</b>
	1.3	154	9060	9630	9060	0.939	0.514
	1.4	122	9510	8480	9510	0.885	0.147
1.5	99	7790	9630	9630	0.789	0.000	
GP	0.0	323	430	230	330	0.394	0.236
	0.1	329	420	230	340	0.415	0.252
	0.2	332	420	240	360	0.455	0.283
	0.3	325	470	250	370	0.389	0.252
	0.4	316	510	270	400	0.385	0.266
	0.5	321	540	320	450	0.488	0.361
	0.6	323	640	360	510	0.440	0.345
	0.7	318	760	440	620	0.467	0.389
	0.8	323	940	610	740	0.574	0.498
	0.9	317	1430	820	1150	0.458	0.409
	1.0	330	2540	1380	2360	0.408	0.372
	1.1	317	9740	5010	7440	0.359	0.333
	1.2	<b>255</b>	<b>9520</b>	<b>9500</b>	<b>9520</b>	<b>0.998</b>	<b>0.789</b>
	1.3	376	8730	9690	9690	0.896	0.334
	1.4	158	9810	9810	9810	1.000	0.000
1.5	129	9610	7840	9610	0.797	0.000	
Total	0.0	355	470	260	370	0.425	0.127
	0.1	356	500	270	370	0.403	0.127
	0.2	356	510	300	390	0.481	0.162
	0.3	356	540	290	420	0.398	0.146
	0.4	358	580	340	460	0.478	0.209
	0.5	334	650	360	460	0.426	0.219
	0.6	351	710	410	570	0.464	0.269
	0.7	343	850	490	670	0.463	0.305
	0.8	344	1110	670	860	0.506	0.364
	0.9	355	1680	1020	1340	0.511	0.391
	1.0	365	3150	2460	2850	0.754	0.602
	1.1	<b>339</b>	<b>9820</b>	<b>8800</b>	<b>9610</b>	<b>0.890</b>	<b>0.732</b>
	1.2	271	9090	9920	9090	0.913	0.472
1.3	210	9070	9420	9420	0.962	0.000	



**Figura 19:** Valores de optimización total ( $O_{total}$ ) según el valor alfa ( $\alpha$ ) propuesto en el modelo de dos poblaciones con proporciones fijas y heterogeneidad variable. GP: proporción de la forma Gris Claro Pequeño; GG: suma de las proporciones de la forma Gris Claro Grande y Gris Oscuro; Total: suma de proporciones de GP y GG. En gris claro los valores de  $O_{total}$  del modelo de tres poblaciones en figura 18.

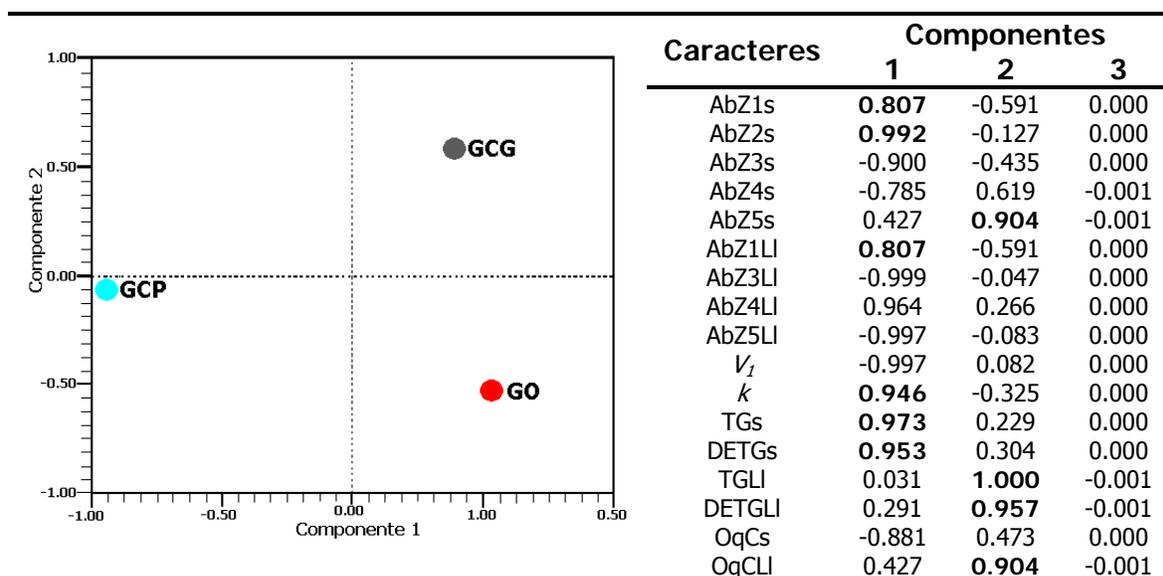
### Identificación poblacional de los morfotipos

El análisis de cúmulos hecho con 17 caracteres de abundancia relativa por zona y por temporada, promedio y variación del tamaño de grupo por temporada, ocurrencia de crías por temporada y parámetros de dispersión y vagilidad, mostró una separación significativa entre las tres formas de toninas ( $r = 0.989$ ). Asimismo, el análisis mostró una mayor similitud entre las formas GCG y GO, siendo la forma GCP la más distintiva (Figura 20).



**Figura 20:** Árbol de similitud entre las formas de toninas de la Bahía de Banderas de acuerdo con 17 valores de distribución, tamaño de grupo, ocurrencia de crías y parámetros de dispersión y vagilidad. GCG: Gris Claro Grandes; GCP: Gris Claro Pequeños; GO: Gris Oscuros.

En el análisis de componentes principales la separación de la forma GCP está fundamentalmente en el eje 1 para el cual la abundancia en la zona 1 en secas (AbZ1s), la abundancia en la zona 2 en secas (AbZ2s), abundancia en la zona 1 en lluvias (AbZ1LI), el parámetro de dispersión  $k$  así como el tamaño de grupo en secas y su desviación estándar (TGs y DETGs respectivamente), son los caracteres que más afectan este componente de variación. Por otro lado, la separación entre las formas GO y GCG está más en el eje 2 el cual depende más de los caracteres abundancia en la zona 5 en secas (AbZ5s), el tamaño de grupo en lluvias y su desviación estándar (TGLI y DETGLI) y la ocurrencia de crías en lluvias (OqCLI) (Figura 21).



**Figura 21:** Proyección del análisis de componentes principales para las tres formas de toninas de la Bahía de Banderas considerando 17 parámetros ecológicos. GCG: Gris Claro Grandes; GCP: Gris Claro Pequeños; GO: Gris Oscuros. En el recuadro se indican los eigenvectores en los tres primeros ejes de variación. AbZ: abundancia en zonas 1-5; s: temporada de secas; LI: temporada de lluvias;  $V_1$ : parámetro de vagilidad;  $k$ : parámetro de dispersión; TG: tamaño de grupo; DETG: desviación estándar de TG; OqC: ocurrencia de crías. Se indican en negritas los valores mayores de cada eje.

## DISCUSIÓN



El registro de la morfología externa de animales *in natura* siempre está sujeto a errores de apreciación. La incidencia de la luz según la hora del día, el color del fondo, el número de observadores y la experiencia de éstos son algunos de entre varios factores que inducen error en este tipo de registros. Cuando las condiciones de observación no pueden controlarse, es necesario asumir la existencia del error de apreciación, crear métodos para reducirlo y examinar su efecto en los resultados. Hay tres resultados importantes que indican que las identificaciones de forma en las toninas son en su mayoría correctas: 1) Hay varias recapturas fotográficas que en cada avistamiento tuvieron determinaciones de formas independientes, esto es, se asignaron formas a las fotografías por las observaciones en el campo y no *a posteriori* como producto del examen de datos y materiales. Dos recapturas de entre 46, tienen asignaciones de forma diferentes, las cuales son además en coloración y no en tamaño. Este resultado significa directamente reproducibilidad de las observaciones. 2) En los análisis de correlación por la prueba de  $\chi^2$  cuadrada no habría libre asociación de tamaño y coloración. Se presentan efectivamente todas las combinaciones de tamaño y color pero en proporciones distintas a la libre asociación y por eso la prueba de  $\chi^2$  inmediatamente arroja dos correlaciones significativas y otra que se tiene que aceptar por la gran cantidad de casos. 3) En caso de haber errores en la identificación de formas, éstas serían indistinguibles en los análisis de cúmulos y de componentes principales realizados sobre varios caracteres ecológicos y demográficos. Las tres formas son casi equidistantes pero claramente diferenciables donde, el mayor componente de diferenciación es el de tamaño. Esto se observa en que la forma pequeña es más distintiva en el análisis de cúmulos y consecuentemente, el primer componente de clasificación separa a esta forma pequeña de las otras dos grandes clara y oscura que quedan separadas por el segundo componente. Esta separación no sería posible si hubiese demasiados errores de apreciación de tamaño los cuales mezclarían los datos de ecología y demografía.

El esfuerzo de navegación realizado es heterogéneo en espacio y tiempo siendo más reducido para las zonas 2 y 6, y para la temporada de lluvias (Cuadro 1). El esfuerzo, sin embargo, es considerablemente amplio y se le considera representativo aún en la región y temporada menos visitada (208.4 mn en la zona 6 durante lluvias).

Diversos estudios sobre las toninas en el Pacífico mexicano (Mayer, 1950; Norris y Prescott, 1961; Urbán-Ramírez, 1983; Vidal-Hernández, 1993; Díaz-Gamboa *et al.*, 2003) y

algunos específicamente en la Bahía de Banderas (Urbán-Ramírez, 1983; Ruíz-Boijseauneau, 1995; Mejía-Olguín, 2004) hacen referencias a las formas conocidas de las toninas pero su identificación en realidad no siempre es clara y la clasificación de referencia puede ser controversial (Norris y Prescott, 1961; Walker, 1981). En el presente trabajo identificamos a las toninas sin juicios *a priori* con base en la correlación de tamaño y coloración. Esta correlación en 75 avistamientos -así como la consistencia en la caracterización de formas de individuos marcados por fotoidentificación-, permitieron identificar las formas primarias GCP, GCG y GO. La forma CA parece una variante de la GCP o posiblemente una forma marginal. La forma Soc es una forma marginal en la zona de estudio. La forma GCG aparenta ser la forma típica costera, y la GO la forma típica oceánica descritas por Walker (1981) en aguas templadas del Pacífico Nororiental. Describir la ecología de estas formas aparentes, y compararla entre ellas, se vuelve entonces el medio de identificación de formas "reales" y su correspondencia con poblaciones.

La forma GCG se distribuye fundamentalmente en la parte somera de la bahía y aguas aledañas, mientras que la forma GO se distribuye más en aguas abiertas aledañas a la bahía. La forma GCP se distribuye en la zona somera y costera de la bahía. Estas distribuciones, por un lado, no parecen modificarse entre secas y lluvias, y por otro, muestran a la forma GCG como intermedia entre las otras dos. Como ocurre con los delfínidos en general (Shane *et al.*, 1986), las toninas de la Bahía de Banderas muestran paralelismo entre la agregación y abundancia relativa siendo mayores ambas en temporada de secas (Cuadro 2). Sin embargo, este paralelismo parece inverso a la ocurrencia de crías para GCG y GO, o no estacional para GCP (Cuadro 7); lo que contrasta con delfines oceánicos, como *Stenella attenuata*, en los que la agregación se asocia al cuidado de las crías y la búsqueda de alimento (Perrin *et al.*, 1976). Los registros de grupos grandes son más cercanos a la costa. Estos resultados sugieren que las toninas se congregan en algunas zonas costeras someras, adecuadas y seguras para la crianza en secas (Shane *et al.*, 1986; Ballance, 1990) y por tanto, las toninas se dispersan más en las épocas de reproducción (lluvias) -especialmente los machos- para buscar pareja haciendo que las toninas, en general, se muestren más disgregadas. Esto predice que la movilidad de las hembras con crías debe ser reducida. La ocurrencia de GCP en un área restringida y costera durante todo el año, sugiere residencia y con ella, adaptación a las variaciones ambientales locales. Esta forma es la que presenta menor variación estacional en su abundancia (Cuadro 6) y parece estar en relación a una temporada de apareamiento y de nacimiento prolongada, como sucede con otras toninas costeras (Mead y Potter, 1990) (Cuadro 7). Las poblaciones de toninas con distribuciones amplias (GCG y GO) parecen criar en las lluvias en concordancia con una densidad de presas aparentemente mayor en las lluvias que en las secas, a juzgar por la producción pesquera de Nayarit y Jalisco (CONAPESCA, 2003). Esto sugiere que las formas GCG y GO, a diferencia de la GCP, se desplazan buscando zonas adecuadas para la alimentación y reproducción como sucede en otras zonas donde se distribuye la especie (Shane *et al.*, 1986; Wells y Scott, 1999; Hastie *et al.*, 2004; Bearzi, 2005). Esta dispersión explica la menor abundancia y agregación de estos animales en las lluvias. Su mayor abundancia y agregación en las secas en la Bahía de Banderas, indica entonces que ésta es una zona preferida en temporadas de menor abundancia de presas. La mayor agregación en secas entonces pudiera derivar de las ventajas de buscar alimento, relativamente escaso, en grandes grupos (Gygax, 2002). Un mejor entendimiento de la relación entre la distribución,

agregación, alimentación y reproducción de las toninas en el área de estudio, depende de lograr más registros de crías que en este trabajo fueron reducidos a pesar de lo relativamente extenso del esfuerzo de observación.

De acuerdo a la vagilidad y dispersión registradas con fotoidentificaciones, las tres formas de toninas parecen tener un punto común en las curvas de dispersión (Figura 15) sugiriendo que los parámetros de vagilidad ( $V_i$ ) y dispersión ( $k$ ) están correlacionados por una capacidad de desplazamiento intrínseca a la especie. Así, los parámetros  $V_i$  y  $k$  de *S. bredanensis* son distintivos e indicativos de una capacidad de dispersión mayor ( $V_i$  mayor y  $k$  menor) siendo el radio de dispersión a largo plazo muy parecido al de la forma GO de *T. truncatus*. La forma GCP aparece entonces con un área de distribución restringida que se recorre rápidamente. La forma GO aparece como una forma con un área de distribución amplia que se recorre más lentamente y/o con trayectorias más cortas y con cambios frecuentes de rumbo, esto es, lo que se denomina camino aleatorio según Boyer *et al.*, (2004). La forma GCG aparece de nuevo intermedia tanto en el parámetro  $V_i$  como en  $k$ . Investigaciones en las costas de Texas distinguen toninas que son residentes en áreas pequeñas, otras que no son residentes y viajan en áreas definidas cerca de la costa y un grupo de no residentes que son migratorias estacionales o no estacionales y a las que no puede asignárseles un área definida de distribución (Wells *et al.*, 1996).

Existe incongruencia entre los estimadores tradicionales de abundancia absoluta que deriva en parte de la heterogeneidad del esfuerzo. La corrección por este factor, sin embargo, no es suficiente para corregir tal incongruencia (Cuadro 9) de lo cual se deduce que hay heterogeneidad individual en las probabilidades de captura. De acuerdo al periodo del estudio, el cual es muy corto para observar cambios de abundancia absoluta y a los diferentes parámetros de vagilidad y dispersión entre las formas, se eligió un modelo de marcabilidad diferencial de los individuos por filopatria. Este modelo muestra altos grados de heterogeneidad en la marcabilidad de las formas GCG y GO. La forma GCP en cambio, parece tener simultáneamente un grado bajo y uno alto de heterogeneidad en la marcabilidad (Cuadro 10). El alto grado de heterogeneidad en la marcabilidad de GCG y GO corresponde bien a los radios más crecientes y vagilidades relativamente menores de dispersión. El grado bajo de heterogeneidad en la marcabilidad en la forma GCP corresponde bien a un radio de dispersión que se incrementa menos con el tiempo y que se recorre rápidamente (Figura 15). El alto grado de heterogeneidad en la marcabilidad de GCP puede entonces interpretarse como la ocurrencia de unidades poblacionales cercanas pero separadas a la Bahía de Banderas; mientras que las formas GCG y GO en la Bahía de Banderas forman parte de poblaciones con distribuciones mayores con un cierto grado de filopatria a la bahía. Así, los dos valores altos de heterogeneidad en la forma GO pueden corresponder a dos escalas geográficas de distribución de una metapoblación (Figura 22). Al combinar distintos ensayos de heterogeneidad en la marcabilidad y abundancia relativa en el total de los datos, se obtienen como adecuados un modelo de tres poblaciones y otro de dos que distingue animales grandes (GCG y GO) y pequeños (GCP) (Cuadro 11), ambos con altas heterogeneidades de marcabilidad (Cuadro 12). Los diferentes modelos de tres poblaciones arrojan estimados totales de 3049 a 12210 individuos y los modelos de dos poblaciones arrojan totales de 7290 a 19530 individuos. Debe considerarse que los estimadores anteriores incluyen las áreas totales de distribución, de las cuales la Bahía de Banderas es sólo un parte. La forma GCP en los distintos modelos tiene abundancias que varían entre 60 y 146 individuos que representan probablemente a la población local así

como abundancias de 3890 a 9520 individuos que representan a las poblaciones aledañas a la Bahía de Banderas. Los valores pequeños de la forma GCP coinciden con los valores calculados para poblaciones locales de otras zonas de distribución (Shane *et al.*, 1986; Hansen, 1990; Wells y Scott, 1990).

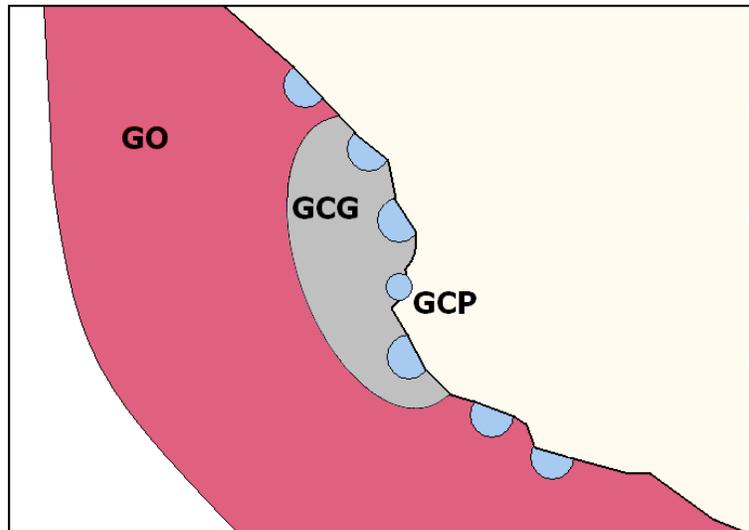


Figura 22: Esquema de la distribución de las poblaciones de las formas de toninas en las zonas aledañas a la Bahía de Banderas. GCG: Gris Claro Grandes; GCP: Gris Claro Pequeños; GO: Gris Oscuros. NOTA: el tamaño de áreas de distribución en cada forma no representa el tamaño real de ésta.

El análisis de cúmulos hecho con 17 caracteres de abundancia relativa por zona y por temporada, promedio y variación del tamaño de grupo por temporada, ocurrencia de crías por temporada y parámetros de dispersión y vagilidad, mostró una separación significativa y casi equidistante entre las tres formas de toninas pero con una similitud algo mayor entre las formas GCG y GO (Figura 20). En el análisis de componentes principales, la separación de la forma GCP está fundamentalmente en el eje 1 mientras que la separación entre las formas GO y GCG está fundamentalmente en el eje 2 (Figura 21). La distinción de la forma GCP deriva mayormente de: 1) Su ausencia en la zona 1 en secas y lluvias así como de la zona 2 en las lluvias con una ocurrencia muy pequeña en las secas, 2) Su menor incremento en el radio de dispersión, y 3) Su menor tamaño de grupo en las secas. Los primeros dos puntos sintetizan la distribución más restringida de esta forma con poca abundancia relativa. Si se interpreta la agregación en términos del balance de costos y beneficios examinado por Gyax (2001), los grupos pequeños de la forma GCP parecen derivar entonces de optimizar la búsqueda de alimento (más escaso en secas) así como de evitar competencia intraespecífica y buscar parejas en un área pequeña y protegida de depredadores. La distinción de las formas GCG y GO deriva mayormente de: 1) La ausencia de GO en la zona 5 en secas, 2) El mayor tamaño de grupo de la forma GCG, y en 3) La escasez de crías de la forma GO. El primer punto pudiera derivar de una distribución de la forma GO menos incluyente de la Bahía de Banderas en la época de secas como resultado de la escasez de alimento. Consecuentemente, la menor agregación de GO en la Bahía de Banderas puede reflejar la formación de pequeños grupos de exploración de ambientes costeros. Se tendría que demostrar entonces que la agregación

de la forma GO es mayor en mar abierto. Por lo tanto y de acuerdo al tercer punto, la ocurrencia de la forma GO en la Bahía de Banderas no está relacionada con la búsqueda de zonas de crianza.

## CONCLUSIONES



Diversos análisis genéticos no han encontrado diferencias entre las formas costera y oceánica de *Tursiops truncatus* en el Pacífico Nororiental y nuestro análisis no resuelve la identidad de las tres formas de toninas inicialmente detectadas en la Bahía de Banderas. No es claro si la forma GCG es la típica costera de otras regiones o es una forma oceánica en proceso de adaptación a la vida costera. En concordancia, no es claro si la forma GCP es la típica costera con un tamaño local menor o es una forma costera secundaria y altamente adaptada a la vida costera. La mayor similitud entre las formas GCG y GO en nuestros datos es marginal y de carácter ecológico por lo que no podemos interpretarla como indicadora de la identidad entre GO y GCG. Nuestro análisis, como otros, tampoco arroja estimadores exactos de abundancia absoluta a lo que hay que sumar la imprecisión por la incertidumbre de la identidad de formas. Lo que sí hace nuestro análisis es describir una ecología básica de las formas detectadas en la cual parece observarse lo siguiente:

43

1) Una forma oceánica (GO) de amplia distribución (ca. 3000 – 5000 individuos en total) que explora marginalmente el ambiente costero de la Bahía de Banderas en grupos filopátricos más pequeños (grupos de 6 a 10 individuos y ca. 100 – 300 individuos en total) que los grupos oceánicos. Esta exploración tiene desplazamientos cortos y con cambios frecuentes de rumbo y no parece asociada a la búsqueda de zonas de crianza sino de alimentación.

2) Una forma costera pequeña (GCP), poco abundante (ca. 60 – 518 individuos en total) residente y de distribución restringida a la parte norte de la Bahía de Banderas la cual recorre rápidamente. Esta forma hace pequeños grupos y se reproduce aparentemente todo el año cerca de las costas como resultado de estar adaptada a las variaciones ambientales locales.

3) Una forma intermedia abundante (ca. 2000 – 3000 individuos en total) con distribución mayor a la Bahía de Banderas en la que se desplaza con velocidad intermedia entre la forma GO y la GCP, que forma grandes grupos filopátricos y se reproduce mayormente en la época de lluvias, también cerca de las costas, en correspondencia a la mayor abundancia de presas en la región.

Como se discutió arriba, la distribución espacial y temporal, la vagilidad, la agregación y la ocurrencia de crías a través del año de las tres formas de toninas reflejan la

interdependencia entre la distribución en ambientes determinados y la ecología de la reproducción y la alimentación las cuales también interdependen de la agregación de los animales. Así, la forma GCP forma grupos pequeños en relación con explorar rápidamente una distribución pequeña y cambiante a través del año, evitar competencia intraespecífica y buscar parejas. La forma GCG forma grupos mayores al explorar una zona más amplia, ambientalmente más heterogénea y menos protegida de depredadores. La forma GO tiene una amplia distribución en el medio pelágico en el que probablemente se agrupa más y se disgrega cerca de ambientes costeros que explora para alimentarse en la época con menos abundancia de presas (secas).

Lo otro que muestra nuestro análisis es que la incertidumbre en la identificación de formas de toninas, entre las cuales no se ha reconocido diferenciación genética, sugiere la ocurrencia combinada de distintas etapas de evolución en el esquema de balance cambiante de Wright (1931). *T. truncatus* es una especie muy abundante en los mares tropicales y templados del mundo y tiene una clasificación compleja que refleja la complejidad de su ecología como resultado de una alta capacidad de adaptación a diferentes medios (Heyning y Lento, 2003). En el caso que hemos estudiado, la forma GO parece en la etapa de amplia dispersión en un medio al que se ha adaptado y desde el cual empieza a irrumpir en un medio diferente. La forma GCP, en cambio, parece en una etapa de adaptación a un medio particular en el cual forma pequeños demes aislados. La forma GCG parece en la etapa de amplia dispersión en medios diferentes a los que no muestra especializaciones particulares sino plasticidad en su forma de vida. La ocurrencia simultánea y simpátrica de estas diferentes etapas del balance cambiante en diferentes poblaciones muy probablemente deriva de la estrecha relación de los medios costero y pelágico así como de la heterogeneidad y dinamismo oceanográfico en el Pacífico Oriental Tropical y de la complejidad topográfica y geológica de las costas con las cuales la historia hace un patrón complejo de procesos alternados de diferenciación y flujo genético pero no sincronizados ni geográficamente uniformes entre las diferentes formas y poblaciones de toninas. Esta concurrencia de diferentes medios y formas en diferentes etapas evolutivas explica la complejidad de la filogeografía y sistemática de *T. truncatus* en la región. Una situación similar algo menos compleja parece observarse en *S. attenuata* (Perrin *et al.*, 1976; Escorza-Treviño *et al.*, 2002).

Como en otras partes del mundo, en México *T. truncatus* tiene una intensa interacción con las actividades humanas generando importantes problemas de conservación de la especie misma y de los ecosistemas de los que forma parte. Comprender la ecología de *T. truncatus* tiene entonces relevancia para el uso adecuado de los ecosistemas marinos, siendo particularmente crítico para la Bahía de Banderas pues es una zona de alta riqueza biológica e intensamente utilizada por los humanos.

Un mejor entendimiento de la ecología de la Bahía de Banderas y de cómo ésta región está amenazada por las actividades humanas, puede entonces resultar de generar información que permita caracterizar la identidad de las formas detectadas de toninas y sus correspondientes ecologías. Información ecológica adicional puede provenir del análisis de isótopos estables de la grasa y huesos así como de ácidos grasos del tejido subcutáneo. Características intrínsecas a los animales pueden obtenerse del análisis de la morfología dorsal y de la variación genética de la cual pueden además hacerse inferencias históricas poblacionales diversas. Así, realizar estas determinaciones en muestras de

animales que tengan una caracterización en el mar más detallada y mejor documentada de su aspecto externo, será crucial para avanzar en la comprensión de la biología de *T. truncatus* en la Bahía de Banderas, en México y en general en donde esta especie represente un aspecto importante para la conservación de la diversidad biológica marina.



- Acevedo-Gutiérrez, A. 1991. Behavior and movements of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the entrance to Ensenada La Paz, Mexico. *Aquatic Mammals*. 17(3):137-147.
- Andrews, R. C. 1911. Description of an apparently new porpoise of the genus *Tursiops*, with remarks upon a skull of *Tursiops gillii* (Dall). *Bulletin American Museum Natural History* 30(9):233-237.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López y V. Aguilar-Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Bailey, N. T. J. 1951. On estimating the size of mobile populations from capture-recapture data. *Biometrika*. 38:293-306.
- Baker, C. S., L. M. Herman, A. Perry, W. S. Lawton, J. M. Straley, A. A. Wolman, G. D. Kaufman, H. E. Winn, J. D. Hall, J. M. Reinke y J. Ostman. 1986. Migratory movement and population structure of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Central Eastern North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*. 31:105-119.
- Baker, A. N., A. N. H. Smith y F. B. Pichler. 2002. Geographical variation in Hector's dolphin: recognition of new subspecies of *Cephalorhynchus hectori*. *Journal of the Royal Society of New Zealand*. 32(4):713-727.
- Ballance, L. T. 1990. Residence patterns, group organization and surfacing associations of bottlenose dolphins in Kino Bay, Gulf of California, Mexico. Págs. 267-283. *En: Leatherwood, S. y R. Reeves (Eds.). 1990. The bottlenose dolphin. Harcoert B. J. Publish. San Diego, Cal. 653 pp.*
- Ballance, L. T. 1992. Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin un the Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science*. 8:262-274.
- Barreto, A. S. 2000. Variação craniana e genética de *Tursiops truncatus* (Delphinidae, Cetacea) na Costa Atlântica da América do Sul. Tesis de doctorado. Universidade do Rio Grande, Brasil. 111 pp.
- Bearzi, M. 2005. Aspect of the ecology and behavior of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in Santa Monica Bay, California. *Journal Cetacean Research. Manage*. 7(1):75-83.
- Boyer, D., O. Miramontes, G. Ramos-Fernández, J. L. Mateos y G. Cocho. 2004. Modeling the searching behavior of social monkeys. *Physica A*. 342:329-335.
- Bryden, M. M. y R. Harrison. 1986. Research on dolphins. Oxford University Press. Oxford. 478 pp.
- Buckland, S. 1987. Métodos para la estimación de abundancia de mamíferos marinos. Comisión Internacional del Atún Tropical (CIAT). 62 pp.
- CONAPESCA. 2003. Anuario estadístico de pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. SAGARPA. 265 pp.
- Curry, B. E., M. J. Milinkovitch y J. Smith. 1995. Stock structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. II<sup>th</sup> Biennial Conference of the Biology of Marine Mammals. Abstract. Orlando, Florida. Pág. 27.
- Curry, B. E. y J. Smith. 1997. Philogeographic structure of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) stock identification and implications for management. 3:227-247. *En: Dizon, A. E. Chivers, S. J. y W. F. Perrin (Eds). 1997. Molecular Genetics of Marine Mammals. Special Publication (3). 388 pp.*
- Dall, W.H. 1873. Preliminary description of three new species of cetacea from the coast of

- California. *Proc. California Acad. Sci.* 5 Págs. 12-13. *En:* Walker, A. W. 1981. Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) en the Eastern North Pacific. Submitted to Southwest National Marine Fisheries Center. Administrative. Report. No. L-81-03c
- Darling, J. D. y H. Morowitz. 1986. Census of "hawaiian" Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. *Canadian Journal of Zoology* 64:105-111.
- Darwin, C. 1859. El Origen de las Especies. 4ª Ed. Porrúa S. A. México. 377 pp.
- Defran, R. H., G. M. Shultz y B. W. Weller. 1990. A technique for the fotografic identification and cataloging of dorsal fins of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) Págs. 53-55. *En:* Hammond, P. S., S. A. Mizroch y G. P. Donovan. (Eds.). 1990. Individual recognition of cetacean populations, use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. *Report International Whaling Commission*. Special Issue. 12.
- Defran, R. H. y B. W. Weller. 1999. Occurrence, distribution, site fidelity and school size of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) of San Diego, California. *Marine Mammal Science*. 15(2):366-380.
- De La Parra-Venegas. R. y B. Galvan-Pastoriza. 1985. Observación del tursión costero del Pacífico en el Sistema Topolobampo-Ohuria, Sinaloa (con notas acerca del comportamiento, ritmo respiratorio identificación individual). Xª Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos. Programas y Resúmenes La Paz, B. C. S. México. Págs. 24-27.
- Delgado-Estrella, A. 1991. Algunos aspectos de la ecología de poblaciones de las toninas (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821), en la Laguna de Términos y sonda de Campeche, México. Tesis de Licenciatura. E. N. E. P. Iztacala, UNAM. México. 48 pp.
- Delgado-Estrella, A. 1996. Ecología poblacional de las toninas *Tursiops truncatus*, en la Laguna de Yalahau, Quintana Roo. México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 93 pp.
- Díaz-Gamboa, 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. Maestría en Manejo de Recursos Marinos. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 64 Pp.
- Dizon, A. E., S. J. Chivers y W. F. Perrin. 1997. Molecular Genetics of Marine Mammals. Special Publication (3). 388 pp.
- Dowling, T. E. y W. M. Brown. 1993. Population structure of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) as determined by restriction endonuclease analysis of mitochondrial DNA. *Marine Mammal Science*. 9(2):138-155.
- Duffield, D. A., S. H. Ridgway y L. H. Cornell. 1983. Hematology distinguishes coastal and offshore forms of dolphins (*Tursiops*). *Can J. Zool.* 61:930-933.
- Enciso-Padilla, I. 2000. Inventario de las macroalgas de los litorales de Nayarit y Jalisco, México. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 103 pp.
- Escorza-Treviño, S., A. Lang y A. W. Dizon. 2002. Genetic differentiation and intraspecific structure of eastern tropical pacific spotted dolphins *Stenella attenuata* revealed by mitochondrial and microsatellite DNA analyses. Administrative report LJ-02-38. La Jolla CA. 20 pp.
- Fernández-Eguiarte, A., A. Gallegos-García y J. Zavala-Hidalgo. 1993. Oceanografía Física de México. Ciencia y Desarrollo, CONACyT. 18 (108):25-35.
- Futuyma, D. J. 1998. Evolutionary Biology. 3<sup>th</sup> ed. Sinauer Associates Inc. USA. 763 pp.
- Gallo-Reynoso, J. P. 1988. Informe de las observaciones de grupos de toninas (*Tursiops truncatus*) en la boca del Carmen, Laguna de Términos y en la sonda de Campeche, México. No Publicado. Instituto de Biología, UNAM. México. 14 pp.
- Gao A., K. Zhou y Y. Wang. 1995. Geographical variation in morphology of bottlenose dolphins (*Tursiops* sp) in chineases waters. *Aquatic Mammals*. 21(2):121-135.
- Gianoli E. 2004. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. Págs. 13-25. *En:* Marino-Cabrera, H. (Ed.). Fisiología ecológica de plantas. Valparaíso, Chile.
- Gould S. J. y R. F. Jonhston. 1972. Geographin Variation. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 3:457-498.

- Gygax, L. 2002. Evolution of group size in the superfamily Delphinoidea (Delphinidae, Phocoenidae and Monodontidae): a quantitative comparative analysis. *Mammal Review*. 32(4):295-314.
- Hammond, P. S. 1986. Estimating the size of naturally marked whale populations using capture-recapture techniques. *Report International Whaling Commission*. Special Issue. (8):253-281.
- Hammond, P. S., S. A. Mizroch y G. P. Donovan. 1990. Individual recognition of cetacean populations, use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. *Report International Whaling Commission*. Special Issue. 12.
- Hansen, L. J. 1990. California coastal bottlenose dolphins. Págs. 403-419. *En*: Leatherwood S., y R. Reeves (Eds.) 1990. The bottlenose dolphin. Harcoert B. J. Publish. San Diego, Cal. 653 pp.
- Hastie G. D., B. Wilson, L. J. Wilson, K. M. Parsons y P. M. Thompson. 2004. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphin are linked to foraging. *Marine Biology*. (144): 397-403.
- Heckel-Dziendzielewski, G. 1992. Fotoidentificación de tursiones *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) en la boca de corazones de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. (Cetacea: Delphinidae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 164 pp.
- Herman, L. M. 1980. Cetacean behavior: Mechanisms and functions. John Wiley & Sons, New York, xiii+463 pp.
- Hersh, S. L. y D. A. Duffield. 1990. Distinction between northwest Atlantic offshore and coastal bottlenose dolphins based on hemoglobin profile and morphometry. *En*: Leatherwood S. y R. Reeves (Eds.) 1990. The bottlenose dolphin. Academic Press. USA. 653 pp.
- Hershkovitz, P. 1966. Catalog of Living Whales. *Us. National Museum. Bulletin* 246:1-259. (Disponible en: [www.ubio.org/apps/Hershkovitz](http://www.ubio.org/apps/Hershkovitz)).
- Heyning, J. E. y G. M. Lento. 2003. The evolution of Marine Mammals. Págs. 38-72. *En*: Hoelzel, R. (Ed.). 2003. Marine Mammal Biology An Evolutionary Approach. Blackwell Publishing. United Kingdom. 432 Pp.
- Hoelzel, R. 1994. Genetics and ecology of whales and dolphins. *Annual Review of Ecology and Systematic*. 25: 377-399.
- Hoelzel, R., C. W. Potter y P. B. Best. 1998. Genetic differentiation between parapatric "nearshore" and "offshore" populations of the bottlenose dolphin. *Proceeding of the Royal Society of London*. 265: 1177-1183.
- Hoelzel, R. (Ed.). 2003. Marine Mammal Biology An Evolutionary Approach. Blackwell Publishing. United Kingdom. 432 pp.
- International Whaling Commission, Sub-Committee on Other Southern Hemisphere Whale Stocks. 2004. Annex H. Report of the Sub-Committee on Other Southern Hemisphere Whale Stocks (Clapham, P., rapporteur). 17 pp. (Disponibile en: [www.iwcoffice.org/ documents/sci\\_com/SCR/epFiles2004/56annexh.pdf](http://www.iwcoffice.org/documents/sci_com/SCR/epFiles2004/56annexh.pdf))
- Katona, S. K. y J. A. Beard. 1991. Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Western North Atlantic Ocean, *Memoirs of the Queensland Museum*. 30(2):307-321.
- Kingston, S. E. y P. E. Rosel. 2004. Genetic differentiation among recently diverged delphinid taxa determined using AFLP markers. *Journal of Heredity*. 95(1):1-10.
- Kingsolver, J. G., D. W. Pfenning y M. R. Servedio. 2002. Migration, local adaptation and evolution of plasticity. *TRENDS in Ecology & Evolution*. 17(2):540-541.
- Krebs, J. C. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. Ed. Harla. México. 741 pp.
- Ladrón de Guevara-Porras, P. 1995. La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski 1781) en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México (Cetacea: Balenopteridae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 181 pp.
- Ladrón de Guevara-Porras, P. 2001. Distribución temporal y estructura de las agrupaciones de los rorcuales jorobados (*Megaptera novaeangliae*) en dos áreas de reproducción del Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 140 pp.
- Leatherwood, S., R. Reeves, W. Perrin y W. Evans. 1982. Whales, dolphins, and porpoises of the Eastern North Pacific and adjacent arctic waters. A guide to their identification. 245 pp.

- Leatherwood, S. y R. Reeves .1990. The bottlenose dolphin. Harcoert B. J. Publish. San Diego, Cal. 653 pp.
- López-Hernández, I. 1997. Ecología poblacional de las toninas *Tursiops truncatus*, en las costas de Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 77 pp.
- Lora-Jaimes, V. 1998. Distribución y abundancia del zooplancton en un ciclo anual (1990-1991) en la Bahía de Banderas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 60 pp.
- Margalef, R. 1989. Ecología. Ed. Omega. España. 451 pp.
- Mayer, W. V. 1950. *Tursiops gillii* the Bottlenose dolphin a new record from Gulf of California, whit remarks an *Tursiops nuuanu*. Departament of Zool. Págs. 183-185.
- Mayr, E. 1970. Populations, species and evolution. The Belknap Press, Cambridge. 453 pp.
- Mayr, E. 1982. Systematics and the origin of species. Columbia University Press. New York. USA. 333 pp.
- Mayr, E. y P. D. Ashlock. 1991. Principles of systematic zoology. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Inc. 475 pp.
- Mead, J. G. y C. W. Potter. 1990. Natural history of bottlenose dolphin along the central atlantic coast of the Unites States. Págs. 165-195. En Leatherwood S. y R. Reeves (Eds). 1990. The bottlenose dolphin. Academic press. USA. 653 pp.
- Medina, R. P. y M. A. Cupul. 2000. Los corales del Pacífico central de México. Centro Universitario del la Costa, campus Puerto Vallarta, Universidad de Guadalajara. Ecológica.
- Medrano-González, L., C. S. Baker, M. R. Robles-Saavedra, J. Murrell, M. J. Vázquez-Cuevas, B. C. Congdon, J. M. Straley, J. Calambokidis, J. Urbán-Ramírez, L. Flores-González, C. Olavarria-Barrera, A. Aguayo-Lobo, J. Nolasco-Soto, R. A. Juárez-Salas y K. Villavicencio-Llamosas. 2001. Trans-oceanic population genetic structure of Humpback Whales in the North and South Pacific. *Memoirs of the Queensland Museum*. 47(2):465-479.
- Medrano-González, L., E. Peters-Recagno y M. J. Vázquez-Cuevas. 2005. Distribución de la mastofauna marina de la boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. Informe técnico. Instituto Nacional de Ecología. 34 pp.
- Medrano-González, L., E. Peters-Recagno, M. J. Vázquez-Cuevas, R. A. Zaragoza-Álvarez, J. M. Sánchez-Parra, L. Miranda-Ramírez, C. del Villar-Flores, H. Rosales-Nanduca, L. Viloria-Gómora, I. C. Díaz-Gamboa y E. V. Vega-Peña. 2006. Distribución de la mastofauna marina de la boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. Informe técnico. Instituto Nacional de Ecología. 23 pp.
- Mejía-Olguín, A. 2004. Estructura social de *Tursiops truncatus* Montagu, 1821 (Cetacea: Delphinidae) en la Bahía de Banderas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 80 pp.
- Morteo, E., G. Heckel, R. H. Defran y Y. Schramm. 2004. Distribución, movimiento y tamaño de grupo del tursión (*Tursiops truncatus*) al sur de Bahía de San Quintín, Baja California, México. *Ciencias Marinas*. 30(IA):35-46.
- Natoli, A., V. M. Peddemors y A. R. Hoelzel. 2004. Population structure and speciation in the genus *Tursiops* based on microsatellite and mitochondrial DNA analyses. *Journal of Evolutionary Biology*. 1 (2004):363-375.
- Norris, K. S. y J. H. Prescott. 1961. Observatrions on Pacific cetaceans of California on Mexican waters. *University of California Publication in Zoology*. 63: 291-402.
- Ortega-Ortiz, J. G. 1996. Distribución y abundancia de las toninas *Tursiops truncatus* en la Bahía de Ascensión, Q. Roo México. Tesis Maestría, ICMYL, UACP y CCH, UNAM. México. 82 pp.
- Perrin, W. F., J. M. Coe y J. R. Zweifel. 1976. Growth and reproduction of the spotted porpoise, *Stenella attenuata*, in the offshore eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin*. 74(2): 229-269.
- Perrin, W. F. 1984. Patterns of geographical variations in small cetaceans. *Acta Zoológica Fennica*. 172: 137-140.
- Perrin, W. F., B. Würsig y J. G. M. Thewisson. 2002. Encyclopedia of Marine Mammals. American Press. USA. 1414 pp.

- Pompa-Mansilla, S. 2007. Distribución y Abundancia de los Géneros *Steno* y *Kogia* en Bahía de Banderas y Aguas Adyacentes. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. México. 74 pp.
- Radinsky, L. B. 1985. Approaches in evolutionary morphology: A search for patterns. *Annual Review of Ecology and Systematic*. 16:1-14.
- Reeves, R. R., B. S. Stewart, P. J. Clapham y J. A. Powell. 2002. Guide to Marine Mammals of the World. National Audobon Society. 527 pp.
- Reza-García, N. 2001. Distribución y abundancia de *Tursiops truncatus* en la Bahía de Santa María, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 59 pp.
- Rice, D. W. 1998. Marine mammals of the world. Systematics and distribution. Special Publications Number 4. The Society for Marine Mammalogy. USA. 231 pp.
- Ridgway, S. H. y S. R. Harrison. 1999. The second book of dolphins and porpoises. Handbook of Marine Mammals.
- Rosel, P. E., A. E. Dizon y J. E. Heyning. 1994. Genetic analysis of sympatric morphotypes of common dolphins (genus *Delphinus*). *Marine Biology*. 119:159-167.
- Ross, J. B. G. y G. V. Cockcroft. 1990. Comments on Australian bottlenose dolphins and the taxonomic status of *Tursiops aduncus* (Ehrenberg, 1982). *En: Leatherwood S. y R. Reeves (Eds). 1990. The bottlenose dolphin. Academic press. USA. 653 pp.*
- Ruíz-Boijseauneau, I. 1995. Distribución y abundancia de *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), en la Bahía de Banderas y aguas adyacentes, México. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 140 pp.
- Salinas-Zacarías. M. y L. Bourillón-Moreno. 1988. Taxonomía, diversidad y distribución de los Cetáceos de la Bahía de Banderas, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 211 pp.
- Salazar-Bernal, E. 2005. Ocurrencia de orcas (*Orcinus orca*) y de sus ataques a ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en la Bahía de Banderas, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 91 pp.
- Schenell, G. D., M. E. Douglas y D. J. Hough. 1986. Geographic patterns of variation in offshore spotted dolphins (*Stenella attenuata*) of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Marine Mammal Science*. 2(3): 186-213.
- Scott, M. D., R. S. Wells y A. B. Irvine. 1990. A long-term study of bottlenose dolphins on the west coast of Florida. Págs. 235-44. *En: Leatherwood S. y R. Reeves (Eds). 1990. The bottlenose dolphin. Academic press. USA. 653 pp.*
- Secretaria de Marina 1975/6. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. Memoria del levantamiento hidrográfico, para la carta O. S. M. 655. De Puerto Vallarta, Jal. México, D. F. 53 pp.
- Servière-Zaragoza, E. 1993. Descripción y análisis de la ficoflora del litoral rocoso de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Tesis doctorado. Doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 71 pp.
- Shane, S. H., R. S. Wells y B. Würsig. 1986. Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: A Review. *Marine Mammal Science*. 2(1):34-63.
- Tinker, S. W. 1988. Whales of the world. Bess Press, Inc. Honolulu, Hawaii. 310 pp.
- True, F. W. 1914. On *Tursiops catalania* and other existing species of bottlenose porpoises of that genus. *Ann. Durban Mus.* 1:10-24. *En: Walker, A. W. 1981. Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) en the Eastern North Pacific. Submitted to Southwest National Marine Fisheries Center. Administrative. Report. No. L-81-03c.*
- Turesson, G. 1930. The selective effect of climate upon the plant species. *Hereditas*. 12:99-152.
- Urbán-Ramírez, J. 1983. Taxonomía y distribución de los géneros *Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella*, en las aguas adyacentes a Sinaloa y Nayarit, México (Cetacea, Delphinidae). Tesis Licenciatura. Facultad de ciencias, UNAM. México. 86 pp.
- Vidal-Hernández, L. E. 1993. Variación geográfica de las dimensiones craneanas en toninas (*Tursiops truncatus*) del Mar de Cortés, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 56 pp.
- Walker, A. W. 1981. Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) en the Eastern

- North Pacific. Submitted to Southwest National Marine Fisheries Center. Administrative. Report. No. L-81-03c. 21 pp.
- Walker, A. W., S. Leatherwood, K. R. Goodrich, W. F. Perrin y R. K. Stroud. 1986. Geographical variation and biology of the Pacific white-sided dolphin, *Lagenorhynchus obliquidens* in the North-Eastern Pacific. Págs. 441-465. *En: Bryden, M. M. y R. Harrison. (Eds). 1986. Research on dolphins. Oxford University Press. Oxford. 478 pp.*
- Wang, J. L., L.-s- Chou y B. N. White. 1999. Mitochondrial DNA analysis of sympatric morphotypes of bottlenose dolphin (Genus *Tursiops*) in Chinese waters. *Journal of Zoology* (London). 252: 147-162.
- Wang, J. L., L.-s- Chou y B. N. White. 2000. Differences in the external morphology of two sympatric species of bottlenose dolphins (Genus *Tursiops*) in the waters of China. *Journal of Mammalogy*. 81(4):1157-1165.
- Waring, G., J. M. Quintal y S. L. Swartz. 2001. U. S. Atlantic and Gulf of Mexico marine mammal stock assessments-2001. U. S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-168.
- Wells, R. S., A. B. Irvine y M. D. Scott. 1980. The social ecology of inshore odontocetes. Págs. 263-317. *En: Herman L. M. (Ed.) 1980. Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions. John Wiley & Sons, New York, xiii+463 pp.*
- Wells, R. S. y M. D. Scott. 1990. Estimates of bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. Págs. 407-415. *En: Hammond, P. S., S. A. Mizroch y Donovan G. P. (Eds.). 1990. Individual recognition of cetacean populations: use of photoidentification and other techniques to estimate population parameters. Report International Whaling Commission. Special Issue (12).*
- Wells, R. S., Bassos, M. K., Urian, K. W., Carr, W. J. & Scott, M. D. 1996. Low-level monitoring of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Charlotte Harbor, Florida, 1990-1994. NOAA Tech. Mem. NMFSC-384, 36 pp.
- Wells, R. S. y M. D. Scott. 1999. Bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). Vol 6. Págs. 137-182. *En: Ridgway, S. H. y S. R. Harrison. (Eds). 1999. The second book of dolphins and porpoises. Handbook of Marine Mammals.*
- Wells R. S. y M. D. Scott. 2002. Bottlenose dolphins. Pág. 422-428. *En: Perrin W. F., B. Würsig y J. G. M. Thewissen (Eds.). 2002. Encyclopedia of Marine Mammals. American Press. USA. 1414 pp.*
- Wright, S. 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics*. 16: 97-159.
- Würsig, B. y T. A. Jefferson. 1990. Methods of photoidentification for small cetaceans. 43-55. *En: Hammond, P. S., S. A. Mizroch y Donovan G. P. (Eds.). Individual recognition of cetacean populations, use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. Rep. Int. Whal. Comn. Special Issue (12).*
- Wyrčki, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 9(5): 270-304.

# APÉNDICES

## I. Formato para el registro de datos en mar



Observadores \_\_\_\_\_ Localidad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Total de Navegación por día (hr) \_\_\_\_\_ Comentarios \_\_\_\_\_  
 Total de esfuerzo por día (hr) \_\_\_\_\_

Identidad del avistamiento						Hora (inic-Fin)	Posición	Obs (GFBVC)	Beaufort	Nubos (%)	Visib (mn)	TSM (°C)	Comentarios
Especie	Fecha	Loc	# Av	Grupo	Base								

Loc: Localidad; # Av: número de avistamiento consecutivo; Obs (GFBVC): Observaciones de tipo: Generales, Fotoidentificación, Biopsia, Ventilación y/o Conducta; Nubos (%): porcentaje de nubosidad; Visib: visibilidad en millas náuticas (mn); TSM (°C): temperatura sobre le nivel del mar.

## II. Estimadores poblacionales

Supuestos de los estimadores poblacionales calculados por el Fidfid3c.

- 1) La modificación de Bailey (1951) al estimador fundamental de Petersen, supone que: a) la población es cerrada tanto geográfica como demográficamente (no hay muertes, ni nacimientos, ni migración, ni emigración), b) que todos los individuos de una población tienen la misma probabilidad de ser capturados, c) que la marca no afecta la captura posterior del animal y d) que las marcas no se pierden.
- 2) La tasa de aparición de nuevos individuos de Darling y Morowitz (1986). Esta se construye con una gráfica que representa la tasa de aparición de nuevos individuos donde el eje de las X es igual al número acumulativo de animales fotoidentificados y el eje de las Y es igual al número de animales diferenciados. Por lo tanto, si el número de animales diferenciados es igual al número de identificaciones realizadas, la gráfica se construirá linealmente con la pendiente de 1; en la medida en que en las fotoidentificaciones no aparezcan nuevos individuos, la gráfica tenderá a tomar el valor de Y, que será entonces en tamaño real de la población. Para este modelo supone que en campo se deben obtener un número de identificaciones igual al tamaño poblacional, de otra manera se tendrá que ajustar empíricamente.
- 3) La distribución del número de capturas (Darling y Morowitz, 1986), supone que a) el número total de animales no cambia durante el periodo de observación, b) que las observaciones son independientes y 3) que la probabilidad de observar un animal es la misma para todas.



# ANEXO

## Catálogo de fotoidentificación



TtrBB-001



TtrBB-002



TtrBB-003



TtrBB-004



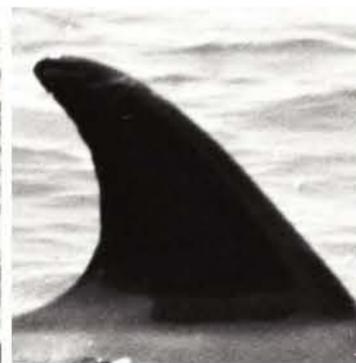
TtrBB-005



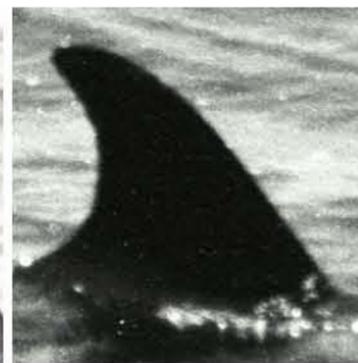
TtrBB-006



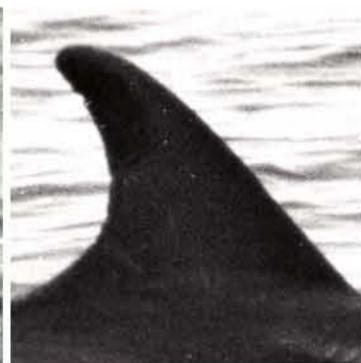
TtrBB-007



TtrBB-008



TtrBB-009



TtrBB-010



TtrBB-011



TtrBB-012



TtrBB-013



TtrBB-014



TtrBB-015



TtrBB-016



TtrBB-017



TtrBB-018



TtrBB-019



TtrBB-020



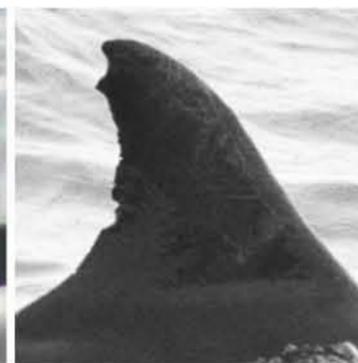
TtrBB-021



TtrBB-022



TtrBB-023



TtrBB-024



TtrBB-025



TtrBB-026



TtrBB-027



TtrBB-028



TtrBB-029



TtrBB-030



TtrBB-031



TtrBB-032



TtrBB-033



TtrBB-034



TtrBB-035



TtrBB-036



TtrBB-037



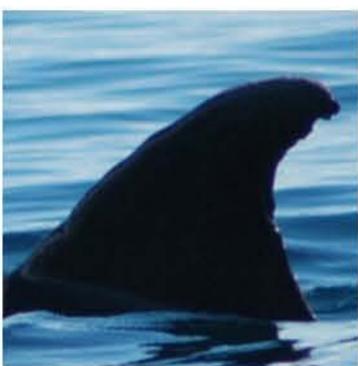
TtrBB-038



TtrBB-039



TtrBB-040



TtrBB-041



TtrBB-042



TtrBB-043



TtrBB-044



TtrBB-045



TtrBB-046



TtrBB-047



TtrBB-048



TtrBB-049



TtrBB-050



TtrBB-51



TtrBB-052



TtrBB-053



TtrBB-054



TtrBB-055



TtrBB-056



TtrBB-057



TtrBB-058



TtrBB-059



TtrBB-060



TtrBB-061



TtrBB-062



TtrBB-063



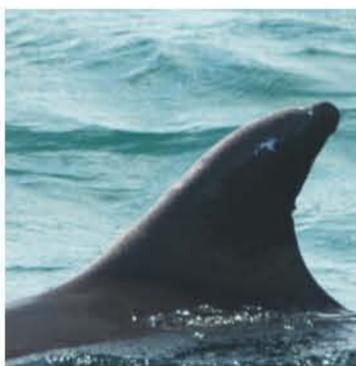
TtrBB-064



TtrBB-065



TtrBB-066



TtrBB-067



TtrBB-068



TtrBB-069



TtrBB-070



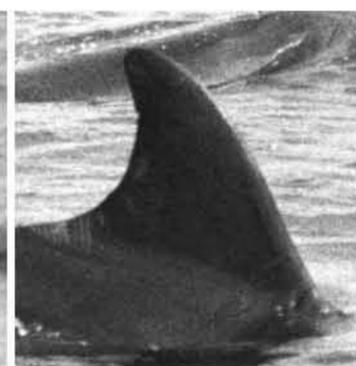
TtrBB-071



TtrBB-072



TtrBB-073



TtrBB-074



TtrBB-075



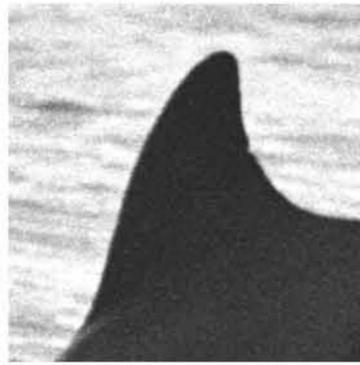
TtrBB-076



TtrBB-077



TtrBB-078



TtrBB-079



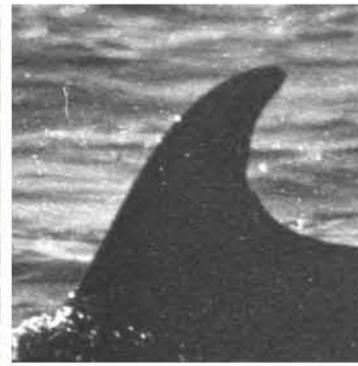
TtrBB-080



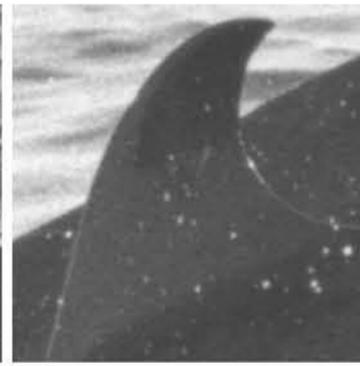
TtrBB-081



TtrBB-082



TtrBB-83



TtrBB-084



TtrBB-085



TtrBB-086



TtrBB-087



TtrBB-088



TtrBB-089



TtrBB-090



TtrBB-091



TtrBB-092



TtrBB-093



TtrBB-094



TtrBB-095



TtrBB-096



TtrBB-097



TtrBB-098



TtrBB-099



TtrBB-100



TtrBB-101



TtrBB-102



TtrBB-103



TtrBB-104



TtrBB-105



TtrBB-106



TtrBB-107



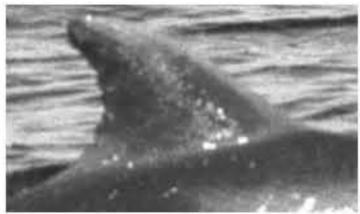
TtrBB-108



TtrBB-109



TtrBB-110



TtrBB-111



TtrBB-112



TtrBB-113



TtrBB-114



TtrBB-115



TtrBB-116



TtrBB-117



TtrBB-118



TtrBB-119



TtrBB-120



TtrBB-121



TtrBB-122



TtrBB-123



TtrBB-124



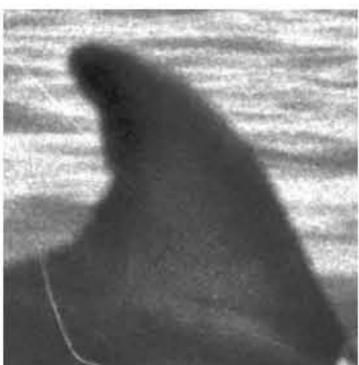
TtrBB-125



TtrBB-126



TtrBB-127



TtrBB-128



TtrBB-129



TtrBB-130



TtrBB-131



TtrBB-132



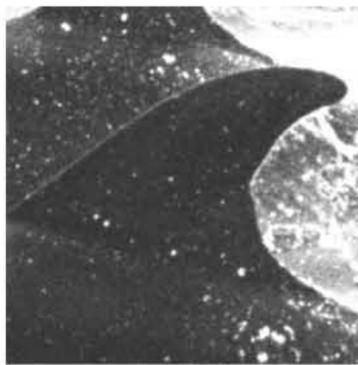
TtrBB-133



TtrBB-134



TtrBB-135



TtrBB-136



TtrBB-137



TtrBB-138



TtrBB-139



TtrBB-140



TtrBB-141



TtrBB-142



TtrBB-143



TtrBB-144



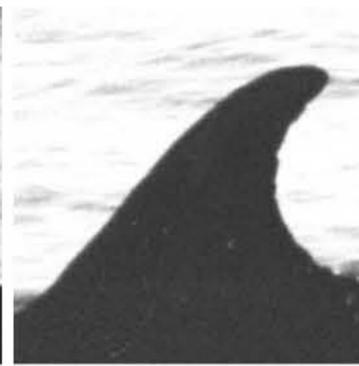
TtrBB-145



TtrBB-146



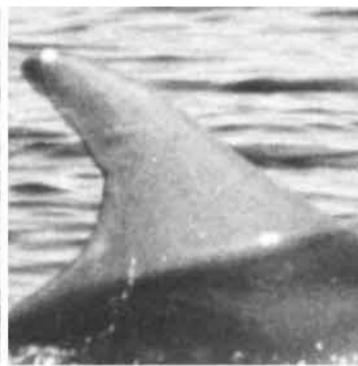
TtrBB-147



TtrBB-148



TtrBB-149

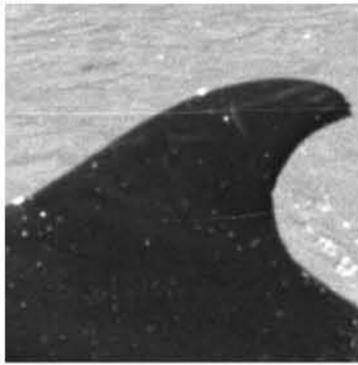


TtrBB-150





TtrBB-176



TtrBB-177



TtrBB-178



TtrBB-179



TtrBB-180



TtrBB-181



TtrBB-182



TtrBB-183



TtrBB-184



TtrBB-185



TtrBB-186



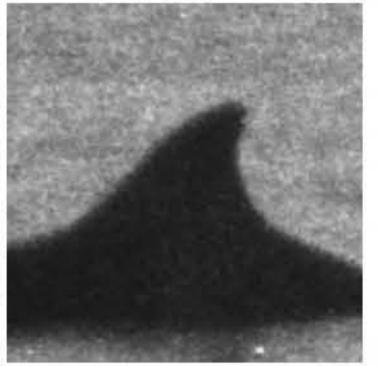
TtrBB-187



TtrBB-188



TtrBB-189



TtrBB-190



TtrBB-191



TtrBB-192



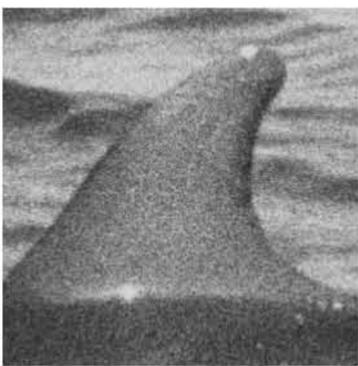
TtrBB-193



TtrBB-194



TtrBB-195



TtrBB-196



TtrBB-197



TtrBB-198



TtrBB-199



TtrBB-200



TtrBB-201



TtrBB-202



TtrBB-203



TtrBB-204



TtrBB-205



TtrBB-206



TtrBB-207



TtrBB-208



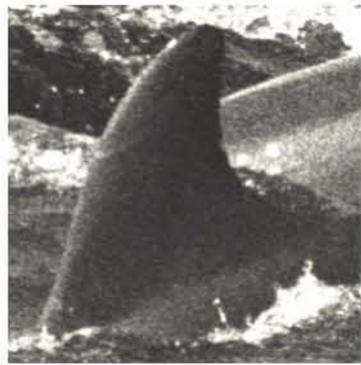
TtrBB-209



TtrBB-210



TtrBB-211



TtrBB-212



TtrBB-213



TtrBB-214



TtrBB-215



TtrBB-216



TtrBB-217



TtrBB-218



TtrBB-219



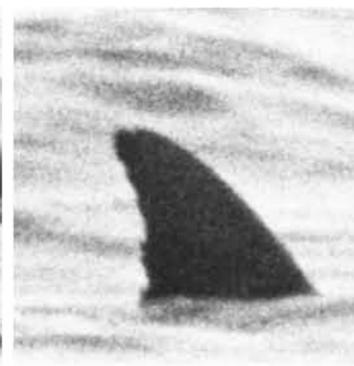
TtrBB-220



TtrBB-221



TtrBB-222



TtrBB-223



TtrBB-224



TtrBB-225



TtrBB-226



TtrBB-227



TtrBB-228



TtrBB-229



TtrBB-230



TtrBB-231



TtrBB-232



TtrBB-233



TtrBB-234



TtrBB-235



TtrBB-236



TtrBB-237



TtrBB-238



TtrBB-239



TtrBB-240



TtrBB-241



TtrBB-242



TtrBB-243



TtrBB-244



TtrBB-245



TtrBB-246



TtrBB-247



TtrBB-248



TtrBB-249



TtrBB-250



TtrBB-251



TtrBB-252



TtrBB-253



TtrBB-254



TtrBB-255



TtrBB-256



TtrBB-257



TtrBB-258



TtrBB-259



TtrBB-260



TtrBB-261



TtrBB-262



TtrBB-263



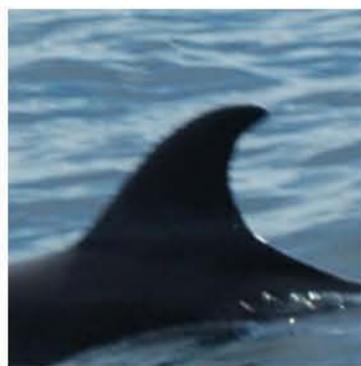
TtrBB-264



TtrBB-265



TtrBB-266



TtrBB-267



TtrBB-268



TtrBB-269



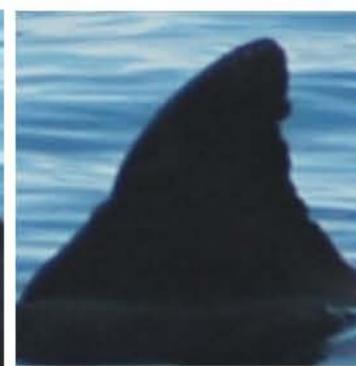
TtrBB-270



TtrBB-271



TtrBB-272



TtrBB-273



TtrBB-274



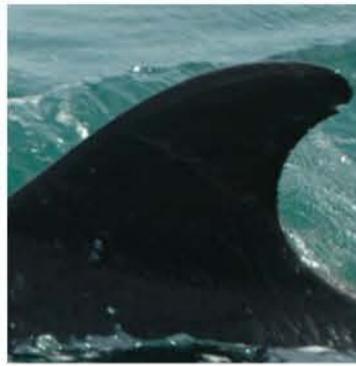
TtrBB-275



TtrBB-276



TtrBB-277



TtrBB-278



TtrBB-279



TtrBB-280



TtrBB-281



TtrBB-282



TtrBB-283



TtrBB-284



TtrBB-285



TtrBB-286



TtrBB-287



TtrBB-288



TtrBB-289



TtrBB-290



TtrBB-291



TtrBB-292



TtrBB-293



TtrBB-294



TtrBB-295



TtrBB-296



TtrBB-297



TtrBB-298



TtrBB-299



TtrBB-300





TtrBB-326



TtrBB-327



TtrBB-328



TtrBB-329



TtrBB-330



TtrBB-331



TtrBB-332



TtrBB-333



TtrBB-334



TtrBB-335



TtrBB-336



TtrBB-337



TtrBB-338