

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS

BIBLIOTECA

I. P. N.

DONATIVO



ESTIMACION POBLACIONAL DEL RORCUAL
TROPICAL *Balaenoptera edeni* (Anderson, 1878) EN LA
BAHIA DE LA PAZ, B.C.S., MEXICO

TESIS QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

SAMUEL CHAVEZ ROSALES

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, AGOSTO DE 1995.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Características externas del rorcual tropical	4
2.2. Distribución	6
2.3. Ecología	7
2.4. Estudios de la estimación de abundancia de la especie	8
2.5. Conocimiento en México	11
2.6. Uso de la fotoidentificación	13
2.7. Modelos de estimación poblacional	16
3. JUSTIFICACIÓN	20
4. OBJETIVO GENERAL	21
4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
5. METODOLOGÍA	22
5.1. Campo y laboratorio de fotografía	22
5.2. Estimación de abundancia	23
5.2.1. Definición de proporciones	25
5.2.2. Definición de los modelos	26
6. RESULTADOS	28
6.1. Estimación de abundancia	33
6.2. Interacción con otras áreas	37
7. DISCUSION	39

7.1. Estimación poblacional	40
7.2. Interacción con otras áreas	44
7.3. Sensibilidad de los modelos	47
7.3.1. Variación de la multiplicidad en 10% más y menos	47
7.3.2. Variación de los parámetros , hacia los máximos significativos	48
8. CONCLUSIONES	49
9. RECOMENDACIONES	50
10. LITERATURA CITADA	51
ANEXO I	
ANEXO II	

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I	Resumen de los datos por navegación de la Bahía de La Paz, B.C.S. para <i>Balaenoptera edeni</i> de mayo de 1989 a mayo de 1991 31
II	Ajustes de los modelos probabilísticos para los reavistamientos del rorcual tropical en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante período de 1989-1 990. Donde: XO(i) = multiplicidad observada de i-animales; XC(i) = multiplicidad calculada de i-animales; DIF2 = Diferencia cuadrática 34
III	Resultados del análisis de sensibilidad de la abundancia modificando la multiplicidad 36
IV	Valores óptimos de los parámetros del modelo de Poisson 37
V	Recapturas del rorcual tropical entre cuatro áreas del Golfo de California 38

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Detalle para la identificación de la especie	5
2	Marcas para la identificación individual	5
3	Distribución mundial propuesta para el rorcual tropical <i>Balaenoptera edeni</i>	7
4	Esfuerzo de observación en la Bahía de La Paz, B.C.S., del período de mayo de 1989 a mayo de 1991	29
5	Distribución espacial del rorcual tropical en la Bahía de La Paz, B.C.S., de mayo de 1989 a mayo de 1991. Cada punto representa un avistamiento, variando de uno a seis animales	30
6	Distribución temporal del rorcual tropical y esfuerzo en la Bahía de La Paz, B.C.S., de mayo de 1989 a mayo de 1991	32
7	Abundancia relativa del rorcual tropical en la Bahía de La Paz, B.C.S., de mayo de 1989 a mayo de 1991	33
8	Ajuste de los modelos binomial y de Poisson a los datos de las recapturas o multiplicidad en la Bahía de La Paz, B.C.S. de mayo de 1989 a mayo de 1990	35
9	Abundancia relativa del rorcual tropical en la Bahía de La Paz y capturas de sardina en Bahía Magdalena, B.C.S. (Cortesía del M.C Roberto Félix Uruga del CICIMAR)	46

GLOSARIO

Cetáceo: Mamífero del orden **Cetacea**, que se divide en Mysticetos (cetáceos con barbas como las ballenas) y Odontocetos (cetáceos con dientes como los delfines) .

Balenoptérico: Mysticeto integrante de la familia Balaenopteridae.

Rorcual: Cetáceo que posee **pliegues** gulo-ventrales, que se distienden y se contraen durante la alimentación, característica exclusiva de los Balenoptéricos.

Fotoidentificación: Técnica de identificación de un individuo mediante la fotografía de sus marcas naturales como lo es la coloración y las generadas por depredadores como las marcas de dientes o mordidas.

Método iterativo: **Método** para encontrar resultados de formulaciones complejas, mediante ensayo y error de la variación de sus parámetros.

Recaptura: Individuo capturado (fotoidentificado) en dos o más ocasiones durante el periodo de estudio. Para fines de este trabajo, el número de veces que se observa un animal fotoidentificado se llama multiplicidad.

Sesgo: **Desviación** del valor esperado a través de una formulación **predictiva**.

Capturabilidad: Probabilidad de que un animal integrante de una población, sea fotoidentificado.

Heterogeneidad: Variación en la capturabilidad como resultado inherente a la variabilidad individual de los animales (carácter amistoso o elusivo)(Hammond, 1990).

RESUMEN

Balaenoptera edeni también llamada rorcual tropical por la distribución que presenta, es la única ballena con barbas con esta característica y por esta razón se puede encontrar durante todo el año en aguas mexicanas. El conocimiento que se tiene de este cetáceo básicamente se generó en la época activa de la industria ballenera, donde se **conoció** su **biología** y su distribución. Actualmente es el rorcual menos estudiado del mundo, por lo que no se conoce el número poblacional de este animal. Existen actualmente peticiones de la Flota Ballenera Japonesa ante la **Comisión Ballenera Internacional**, para reiniciar la captura comercial de esta especie.

En Bahía de La Paz, B.C.S. (BAPAZ), durante el período de mayo de 1989 a mayo de 1991 se encontró que el rorcual tropical fue el misticeto más frecuentemente avistado, su presencia fue constante durante todo el período de estudio, presentando un incremento considerable de su abundancia durante el verano y otoño de 1989. El número estimado de la **población** para esta área, utilizando la fotoidentificación de la aleta dorsal de los animales marcados y modelos probabilísticos, fue de 235 ballenas con un intervalo de confianza de 173 a 327 ($p < 0.05$). Se obtuvieron dos recapturas entre Bahía de Los Angeles, B.C. (BALA) y BAPAZ, uno visto en BALA en 1983 y reavistado en BAPAZ en 1989, y otro visto en BALA en 1986 y reavistado en BAPAZ en 1990. Este último identificándose como hembra por la presencia de cría en ambos años. Lo cual sugiere que en el Golfo de California existe una sola población que se distribuye en forma de agregaciones estacionales.

ABSTRACT

Balaenoptera edeni, also called tropical rorqual because its distribution, is the only whale with this characteristic and can be observed all year in Mexican waters. The knowledge of this cetacean including its general biology and its distribution was generated mainly by the whaling industry. It is the least studied species of whale and therefore the total population number is unknown. The Japanese whaling fleet has presented petitions to the International Whaling Commission to restart the commercial whaling of this species.

The present work was conducted from May of 1989 to May of 1991 in Bahía de La Paz, B.C.S. (BAPAZ). During this period, the tropical rorqual was the most sighted with the most sightings. The presence of this species in the area was constant during the study period but an important increase was observed during summer and autumn in 1989. The population estimate was 235 whales with a confidence interval of 173 to 327 ($p < 0.05$) using photoidentification of the dorsal fin of the marked animals and probabilistic models. We obtained two recaptures between BALA and BAPAZ. A whale was observed in BALA 1983 and recaptured in BAPAZ 1989, and another one was observed in BALA 1986 and recaptured in BAPAZ 1990. The latter was observed with a calf in both years. This suggests that in the Gulf of California there exists a single population, and that its distribution is by temporal aggregations.

“Estimación poblacional del rorcual tropical *Balaenoptera edeni* (Anderson, 1878) mediante fotoidentificación en la Bahía de La Paz, B.C.S., México.”

1. INTRODUCCIÓN

En la década de los setentas se estableció el uso de la identificación individual de cetáceos en el mar, por medio de fotografías de sus marcas naturales, como las manchas de nacimiento y cicatrices originadas por depredadores y parásitos (Arnbom, 1987). El hecho que los individuos puedan ser reconocidos en el campo, y que sus identidades puedan ser confirmadas por la fotografía, nos sirve de herramienta en la investigación de cetáceos. La identificación de individuos es la base para descripciones de buceo y su correlación con aspectos generales del comportamiento, tales como descanso, **socialización**, migración y alimentación (Würsig & Jefferson, 1990).

En la técnica de marcado-recaptura se usan fotos repetidas de un organismo para obtener información de diversa índole, como su distribución, la longevidad, algunos parámetros reproductivos, la composición tanto de sexos como de edades y la estimación de abundancia poblacional (Bigg *et al.*, 1987).

Dentro de los estudios ecológicos se le ha dado mucho énfasis a la estimación de abundancia, ya que es la base para llevar a cabo cualquier estrategia de manejo o regulación de un recurso. La abundancia de los cetáceos se estima mediante varias técnicas de muestreo no letales entre los que destacan los transectos lineales y el marcado-recaptura (Hammond, 1986).

A partir de 1993 se **estableció** por votación de los países miembros de la Comisión Ballenera Internacional (**IWC**) la creación del Santuario Antártico, dentro del cual queda prohibida cualquier actividad de caza comercial sobre cualquier mamífero marino, con la finalidad de permitir que las diferentes especies que habitan esta zona, recuperen sus números poblacionales. A **raíz** de esta prohibición algunos países que cazaban en esta zona como Japón que cuenta con una de las flotas balleneras más activas, solicitaron iniciar la caza sobre el rorcual tropical.

A partir de esta petición en la **reunión** anual de la IWC llevada a cabo en mayo de 1995, se realizó una sesión de trabajo acerca del conocimiento actual del rorcual tropical, llegando a la conclusión que es el rorcual menos estudiado del mundo, y que era necesario realizar estudios básicamente de aspectos poblacionales, los cuales puedan dar bases para el manejo de la especie en vista de una posible explotación.

El momento histórico en el cual nos encontramos inmersos realza la importancia del presente trabajo, ya que **está** de acorde a las necesidades actuales del conocimiento de esta especie, además de que por primera vez se presenta una estimación del número poblacional del rorcual tropical dentro del Golfo de California, lo cual podría servir eventualmente para conocer la abundancia de esta especie en aguas mexicanas.

En el presente trabajo se aborda la problemática del uso de la fotoidentificación en ***Balaenoptera edeníy*** se presenta la aplicación de una metodología de estimación de abundancia, basada en las distribuciones probabilísticas de Poisson y binomial, manejadas como modelos de frecuencias de captura. Se utilizan la proporción de

animales identificados (capturas) y las frecuencias de reavistamientos (recapturas) de esos individuos.

Este trabajo pretende servir como alternativa para la estimación de abundancia de poblaciones que presenten cierta dificultad en la **fotoidentificación**.

2. ANTECEDENTES

En 1878 Anderson publicó un trabajo donde menciona que analizó a un balaenoptérico que se varó en Birmania, el cual se determinó que pertenecía a una nueva especie llamándola *Balaenoptera edeni* (del griego *balaena*- ballena, *pteron* - ala o aleta y *edenien* honora Ashley Eden, comandante británico en Birmania del siglo XIX). El nombre común en Noruego es "Bryde's whale", en honor del cónsul noruego Johan Bryde, quién construyó las primeras dos estaciones balleheras en Sudáfrica. A este cetáceo se le conoce en español como rorcual tropical por la zona que abarca en su distribución mundial (Cummings, 1985).

Las características de este rorcual muestran una variación considerable de una localidad a otra, según datos obtenidos a principios de los setentas (Gaskin, 1972). En algunas partes del mundo se ha demostrado la existencia de dos formas simpátricas, una oceánica y la otra costera. La forma oceánica está muy marcada por cicatrices y la mayor frecuencia de nacimientos en Sudáfrica es en otoño; la forma costera está prácticamente libre de marcas en el cuerpo y no tiene una época de reproducción bien definida (Best, 1977). En los mares de Japón podrían existir las dos formas (Omura, 1977).

2.1. Características externas del rorcual tropical

El rorcual tropical posee tres crestas prominentes y paralelas situadas en la región dorsal de la cabeza, característica única entre los balenoptéricos, lo que hace

fácil su identificación en el mar (Fig. 1). Estas crestas corren por lo general desde la punta del hocico hasta los orificios respiratorios, aunque su extensión es variable (Leatherwood et al., 1988).

La aleta dorsal puede medir hasta cerca de 0.5 m, es extremadamente falcada, puntiaguda y se localiza alrededor de dos tercios de longitud del cuerpo desde la cabeza (Leatherwood et al., 1988). Las marcas que esta aleta presenta sirven para lograr una identificación mediante su fotografía (Fig. 2).

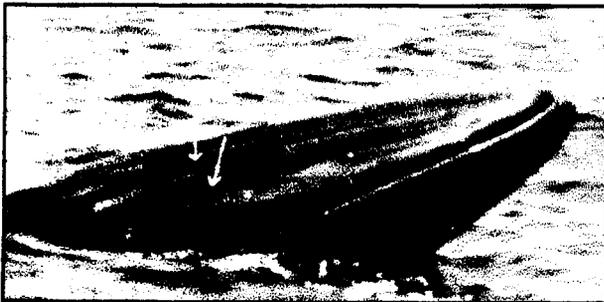


FIGURA 1.- Detalle para la identificación de la especie



FIGURA 2.- Marcas para identificación individual

El rorcual tropical es el segundo balenoptérico más pequeño, con una longitud promedio de 13 m y un máximo de 14 m. Las hembras son más grandes que los machos de la misma edad. Su cuerpo es típicamente esbelto y normalmente es de constitución menos poderosa que la del rorcual de *Sei Balaenoptera borealis*. La forma general de su cuerpo es más parecida al rorcual común, *Balaenoptera physalus* (Cummings, 1985).

Las aletas pectorales son finas y un poco puntiagudas; miden entre 8 y 10% de la longitud total del cuerpo. La anchura de la aleta caudal es del 20% de la longitud total del cuerpo (Cummings, 1985). La coloración de la piel es gris ahumado oscuro,

sin interrupciones llamativas, excepto por algunos individuos que presentan una pequeña región de un gris más claro a cada lado, exactamente adelante de la aleta dorsal (Leatherwood et al., 1988).

Tiene cerca de 45 pliegues ventrales y éstos se prolongan posteriormente hasta el ombligo. Las barbas del rorcual tropical son más cortas y más rígidas que las de la ballena **sei**, con una longitud máxima de 40 cm. La anchura de las barbas más largas es aproximadamente la mitad de su longitud. Usualmente se puede notar un espacio vacío en la punta del hocico entre las hileras de las barbas de la derecha y de la izquierda, cuyo número es de 255 a 365 a cada lado. Las barbas son de un gris pizarra con cerdas gruesas de un color gris más claro (Leatherwood et al., 1988).

2.2. Distribución

La distribución mundial publicada por Cummings (1985) se basa en las capturas hechas por las flotas balleneras y los avistamientos realizados en diversos estudios (Fig. 3).

En el Océano Pacífico la especie se encuentra en las aguas cálidas al sur de los **30°N**, limitada por la isoterma de los **20°C**. Su presencia en el Pacífico Nororiental ha sido confirmada desde La Jolla, California (Rice, 1977), hasta Cabo San Lucas en el Golfo de California, y hacia el sur a lo largo de la costa continental de México hasta Bahía de Banderas, Nayarit (Salinas & Bourillón, 1988). Los avistamientos en el Golfo de Panamá, alrededor de las Islas Galápagos y en muchas regiones ecuatoriales lejos de la costa, sugieren que el rorcual tropical puede distribuirse continuamente desde

Baja California hasta la línea ecuatorial (Leatherwood et al., 1988; Wade & Gerrodette, 1993).

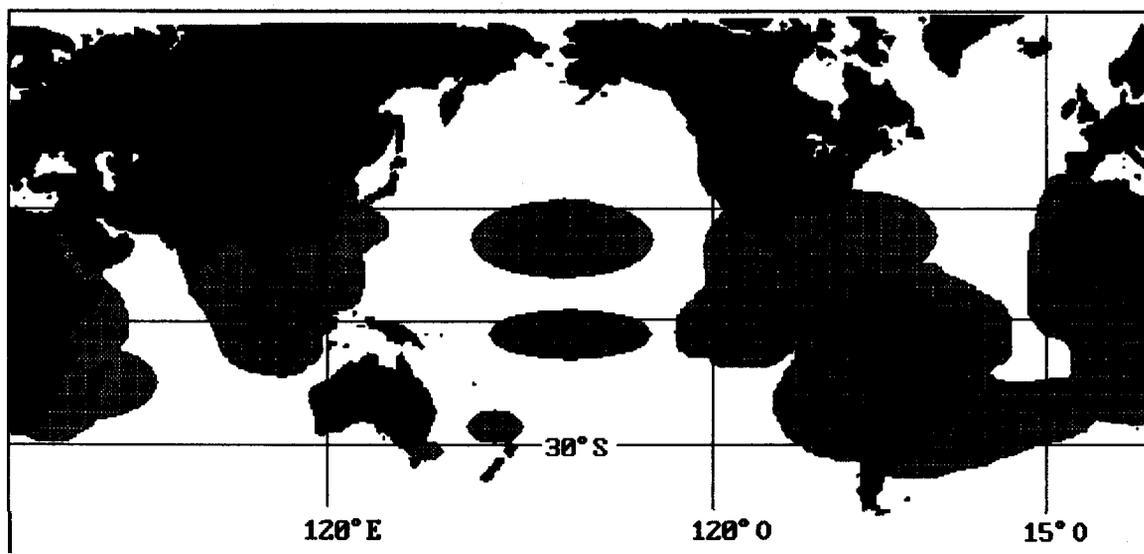


FIGURA 3.- Distribución mundial propuesta para el rorcual tropical *Balaenoptera edeni*

2.3. Ecología

Esta especie es la única ballena con barbas que no realiza migraciones hacia latitudes altas y en general, no es fuertemente migratoria. Debido a que tiene una distribución tropical, la época de reproducción no está bien establecida (Tershy et al., 1990).

El rorcual tropical no se reúne masivamente para reproducirse; usualmente se encuentran solitarios o en pares y cuando se presenta una hembra con cría, ocasionalmente se encuentra una tercera ballena cerca de ellas. Se cree que el ciclo reproductivo de este rorcual es ligeramente diferente que el resto de los balenoptéridos, por que no presentan una estacionalidad en cuanto a los nacimientos (Leatherwood et al., 1988). Las hembras alcanzan la madurez sexual

aproximadamente a los 10 años de edad a una longitud de 12 m; los machos entre los 9 a 13 años, y también aproximadamente a los 12 m de longitud (Omura, 1962).

La alimentación varía dependiendo de la forma a la que se esté refiriendo; la costera se alimenta básicamente de pequeños peces que forman cardúmenes como sardina, anchoveta o macarela (Best, 1977), de mictófidios (Gaskin, 1982), además de langostilla y eufáusidos (Ramírez, 1989); la forma oceánica es principalmente planctívora (Best, 1977).

La presencia de este animal se ha asociado a zonas con gran productividad anual, tal vez porque el flujo de energía es más rápido entre los diferentes niveles de la cadena alimenticia que se genera en estas áreas, lo que favorece a la presencia y concentración de los peces de los que se alimenta principalmente (Tershy *et al.*, 1990; Gallardo *et al.*, 1983).

El comportamiento que presenta es bastante peculiar ya que en ocasiones se puede acercar a las embarcaciones y se puede observar claramente, pero en la mayoría de las veces es elusiva, cambiando frecuentemente su rumbo de navegación (Leatherwood *et al.*, 1988; Cummings, 1985).

2.4 Estudios de estimación de abundancia de la especie.

La historia de la caza de esta ballena no está bien documentada, por que los balleneros usualmente no la reconocían como una especie separada, ya que es muy similar al rorcual de Sei en color, forma y aún en comportamiento, lo que hace más difícil la diferenciación de las dos especies en el mar. Los registros del rorcual tropical

fueron frecuentemente incluidos por los barcos balleneros con los de rorcual de Sei hasta los **años** setentas (Cummins, 1985; Brownell *et al.*, 1989).

A **través** de la caza de este rorcual se derivaron estudios que generaron conocimientos importantes de la población del Pacífico Norte. Hasta 1986 el rorcual tropical se **explotó** en aguas del **Pacífico** por Japón, en donde se realizaron algunos trabajos tendientes a estimar las poblaciones explotadas y así proponer una estrategia de manejo del recurso (Tillman, 1981; Holt, 1986).

Tillman (1981) estimó la abundancia del rorcual tropical de la población explotada; a partir del análisis de la captura por unidad de esfuerzo y de los datos de captura-recaptura, obtuvo los datos de esfuerzo de las flotas japonesa y soviética. Mediante una modificación del procedimiento de Delury obtuvo un estimador insesgado de la abundancia al inicio de la explotación; **estimó** una población virgen de 24,000 ballenas y de 16,000 ballenas sujetas a explotación; recomendó una captura límite de 500 ballenas por año.

Tillman & Mizroch (1982) estimaron 30,000 ballenas para 1970 y 24,000 para 1981 del rorcual tropical, a partir de los datos de captura-recaptura de la flota ballenera japonesa, disponible desde 1972; tomaron en **cuenta** las presumibles capturas de esta especie por un barco fábrica taiwanés.

Ohsumi (1983) estimó los cambios en la densidad y en los **índices** de abundancia del rorcual tropical utilizando datos de la flota ballenera japonesa de 1974 a 1981. **Encontró** que la zona con una mayor densidad se localiza entre los **20°** y **30°N**, y los **140°** y **170°E**, y en particular durante el verano entre **25°** y **30°N**.

Miyashita & Kasamatsu (1985) utilizaron datos de observaciones del rorcual tropical obtenidos durante 1974 a 1983 por barcos japoneses de investigación. El tamaño de la **población** explotada fue estimada en 19,000 ballenas. Se realizó una comparación con datos obtenidos por medio de captura-recaptura, donde sólo se recuperaron 20 marcas de 332 ballenas marcadas de 1975 a 1983; con estos datos se estimó una población de 36,000 animales, lo que representa casi el 200% de las ballenas estimadas por las observaciones realizadas previamente.

Miyashita (1986) **utilizó** un total de 102 observaciones del rorcual tropical, obtenidas durante un esfuerzo de búsqueda de más de 16,000 millas náuticas en el verano de 1984. El tamaño de la **población** explotable en el área de estudio se estimó en 18,000 ballenas, más 4,500 ballenas estimadas de 1974 a 1982 mediante datos de avistamientos registrados fuera del área de estudio. El total de la población del Pacífico Occidental se estimó en 23,000 animales, excluyendo a las ballenas que se pudieran encontrar en las zonas no revisadas.

Holt (1986) realizó una revisión de varios estimadores de la población **del** rorcual tropical en el **Pacífico** Occidental desde 1970; discutió la propuesta de manejo de la **Comisión** Ballenera Internacional (IWC) considerando la edad, el reclutamiento, la mortalidad natural y la **proporción** de sexos en las capturas.

En el Pacífico Oriental tropical se realizó un estudio que comprendió de 1985 a 1990 dirigido por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los EEUU, estimando mediante transectos lineales la abundancia del rorcual tropical en 13,023 animales (Wade & Gerrodette, 1993).

Según la IWC, antes de la explotación, la **población** mundial de esta ballena se estimó en 100,000 animales y hasta 1989 en 90,000. Esta ballena no está en la lista de especies en peligro de extinción o vulnerables ante la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ni ante el gobierno de los Estados Unidos de **Norteamérica** (Brownell *et al.*, 1989).

2.5. Conocimiento en México

El conocimiento de la **distribución** y abundancia de esta especie en las aguas mexicanas era prácticamente desconocida hasta finales de la década de los ochentas, a no ser por **avistamientos** aislados realizados por Aurióles *et al.* (1982). Posteriormente se han desarrollado trabajos en zonas específicas del Golfo de California que han aportado **información** importante de la **especie**: El Canal de Ballenas, B.C. (Flores, 1989; Tershy *et al.*, 1990; Tershy *et al.*, 1991; Tershy, 1992); en las aguas adyacentes a Loreto, B.C.S, que para referencias posteriores sólo se le llamará Loreto, B.C.S. (Flores, **1989**), y Bahía de La Paz, B.C.S. (Urbán *et al.*, 1990; Urbán & Valles, 1991; Urbán *et al.* **1991**; Flores, **1994**).

En el Canal de Ballenas, B.C., se llevó a cabo un estudio durante 1983 a 1986 para fotoidentificar a los **balaenotpéridos** del área. La ballena más frecuentemente avistada fue el rorcual tropical con un total de 160 animales identificados. De estos animales, identificados por las marcas en su aleta **dorsal**, se tuvieron varios reavistamientos, uno en Bahía Kino, Sonora, y tres en Loreto, B.C.S. (Flores, 1989; Tershy *et al.*, **1990**). También se estudió el patrón de residencia de las hembras de

esta especie; se examinó la abundancia, distribución estacional y composición de la población (Tershy et *al.* , 1990; Tershy, 1992).

La alimentación de la especie en esta zona se basó principalmente de cardúmenes de peces pequeños como las sardinias *Sardinops caeruleus* y *Opistonema spp.* Frecuentemente se alimentaron solos o en **pequeña** agregaciones, en la tarde y noche, aparentemente en respuesta a la distribución y comportamiento de sus presas. Raramente viajaron en grupos y permanecieron relativamente más tiempo en el área de estudio que otros rorcuales; se determinó el tamaño del cuerpo, la dieta, el uso del habitat por la especie y su comportamiento social (Tershy, **1992**).

Durante el **período** de estudio se **encontró** que la presencia de hembras con crías se elevó de 11 % en 1983 a 22% en 1985 y 1986. La relación madre-cría se observó durante todos los meses del año debido al efecto de agrupación durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño (Tershy *et al.*, **1991**; Tershy, 1992).

En **Loreto**, B.C.S., se identificaron 67 ballenas durante el verano de 1986 y 136 en 1987. Esta especie fue la única presente en el área de estudio. Mediante el estimador de Petersen modificado por **Chapman**, se estimó el número poblacional en al menos **300** animales. Además, se considera que esta área es una zona de **alimentación** muy importante para esta especie (Flores, **1989**).

Los nacimientos se presentaron durante la primavera en función de **los** avistamientos de madre-cría registrados durante el estudio. Se presenta además una **correlación** de la presencia del rorcual tropical con la temperatura superficial del mar (Flores, 1989).

Durante 1989 en la **Bahía** de La Paz, se **observó** a la especie a través de todo el **año**, presentandose un incremento bastante notorio en la cantidad de ballenas observadas en el área para verano; se lograron avistar 221 animales de los cuales el 80% de estos se presentaron durante el verano con **sólo** 10 crías. Esta especie fue la tercera en importancia respecto al número de avistamientos en la zona, después del delfín común, ***Delphinus delphis***, y el tursiión, ***Tursiops truncatus***, (Urbán & Valles, 1991; Urbán *et al.*, 1990).

Durante el período de 1988 a 1991 se estudió la **utilización** ecológica de la **Bahía** de La Paz por parte de la especie analizando la abundancia y actividad de los individuos en relación al cambio ambiental. El habitat del rorcual tropical fue **heterogéneo**, caracterizado por procesos oceanográficos locales y estacionales que se magnifican con los fenómenos a gran escala como por ejemplo lo es “El Niño”. La conducta ecológica y estructura social fueron hasta cierto punto flexibles en relación al cambio ambiental. Los individuos ocuparon y utilizaron diferentes ambientes costeros de forma diferencial, buscando maximizar la **obtención** de alimento y el encuentro de pareja para la reproducción, al mismo tiempo que evitan la competencia intraespecífica (Flores, **1994**).

2.6. Uso de la fotoidentificación

A continuación se presentan algunos ejemplos del uso y **validación** de la fotoidentificación en los cetáceos:

En la Isla de Vancouver se establecieron líneas de parentela entre los

organismos residentes de la orca *Orcinus orca*, logrando identificar a los grupos o familias localizadas en el área (Bigg, 1982).

En el Estado de Washington se establecieron los movimientos realizados por los individuos fotoidentificados de la ballena minke *Balaenoptera acutorostrata* (Dorsey, 1983).

En la Patagonia se estableció el uso de los callos que la ballena franca *Eubalena australis* posee en la cabeza, para identificar a los individuos de la población mediante fotografía aérea (Payne *et al.*, 1983).

Con la ballena azul *Balaenoptera musculus*, en el Golfo de San Lorenzo, Canadá, se llevaron a cabo análisis de sus movimientos y distribución, a través de la técnica de fotoidentificación basada en la pigmentación que estos cetáceos presentan en el cuerpo (Sears *et al.*, 1990).

En las Islas Galápagos se validó el uso de la fotoidentificación de la aleta caudal para la identificación individual del cachalote *Physeter macrocephalus* y se llevaron a cabo estudios de comportamiento, alimentación y se estimó la abundancia en esta zona (Arnbom, 1987).

Baker *et al.* 1986, mediante recapturas de varios individuos de ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* durante los años de 1977 a 1983, se establecieron movimientos estacionales entre diferentes zonas del Océano Pacífico Norte; encontraron una fuerte fidelidad al área de alimentación sugiriendo que se podría presentar un patrón de coloración diferencial en la aleta caudal por zonas geográficas. Finalmente, proponen que la población de la especie forma una sola estructura de

stock, **que** consiste en varias manadas ubicadas en las zonas de alimentación **geográficamente** aisladas.

La fotoidentificación de los cetáceos es una herramienta muy útil en el estudio de las poblaciones, sin embargo, no todos los cetáceos son **susceptibles** de individualizarse, **máxime** si la información para su **identificación** proviene solamente de la **fotografía** de la aleta dorsal del animal.

Los problemas inherentes de esta **limitación** fueron analizados por Shane & **McSweeney (1992)**, cuando estudiaron la estructura social del calderón de aletas cortas ***Globicephala macrorhynchus***. Ellos establecieron cuatro puntos importantes a considerar cuando se utiliza la **fotografía** de la aleta dorsal para la **identificación** individual: las fotografías distantes o fuera de foco que no permitieran realizar una identificación; la distorsión fotográfica de la marca en la aleta, por no encontrarse el animal completamente perpendicular a la cámara al momento de la fotografía; un insuficiente número de fotografías tomadas de una manada numerosa por un solo fotógrafo, lo que ocasiona la **pérdida** de animales marcados en la manada para su fotoidentificación; los cambios que se presentan a través del tiempo sobre la característica utilizada para distinguir al animal, que pueden darse según la especie, en semanas o meses, pero en algunos casos las marcas pueden permanecer por más tiempo.

2.7. Modelos de estimación poblacional

Se han hecho revisiones a detalle de diferentes modelos para estimar la abundancia poblacional, mediante marcado-recaptura, **estableciéndose** básicamente **dos tipos**: los de poblaciones abiertas, que consideran natalidad, mortalidad, **migración e** inmigración (v.g. el modelo de Jolly-Seber citado en Hammond, 1986) ;y los de poblaciones cerradas donde se considera que no existe natalidad ni mortalidad (v.g. el modelo de Petersen citado en Seber, 1982).

El **método** más simple para estimar abundancias es el modelo de Petersen (**Seber, 1982**), en el que n_1 son los animales que se marcan para futuras identificaciones en una primera muestra que se regresa a la población; se toma una segunda muestra de tamaño n_2 y se encuentra que m_2 están marcados. Suponiendo que la **proporción** de animales marcados de la segunda muestra es un estimador de la proporción desconocida de la **población**, se puede calcular directamente el número poblacional N :

$$\frac{m_2}{n_2} = \frac{n_1}{N} \quad \text{o} \quad N = \frac{n_1 n_2}{m_2}$$

Las consideraciones **teóricas** sobre las cuales este modelo se basa son las siguientes:

- 1 .- La población está cerrada, así que N es constante.
- 2.- Todos los animales tienen la misma probabilidad de

ser capturados en la primera muestra.

3.- Las marcas no afectan a la capturabilidad del animal.

4.- La segunda muestra es simple aleatoria y cada una de las muestras son equiprobables.

5.- Los animales conservan sus marcas entre la toma de las dos muestras.

Como se puede observar, los supuestos **teóricos** no son mutuamente exclusivos **ya que** por ejemplo el 4 depende directamente del 2 y el 3. La **estimación** de la población mediante este modelo está fuertemente sesgada, ya que depende directamente del tamaño de la muestra que se tome (Seber, 1982).

El estimador modificado de **Chapman** (Buckland, 1987) es una modificación del modelo de Petersen que es ampliamente utilizada. El estimador de N como se mencionó anteriormente es sesgado, pero este sesgo se corrige siempre que $n_1 + n_2 > N$, o sea aproxime a este valor. Para el caso de pequeñas muestras siempre que m_2 (número de recapturas) tome un valor de 7 o mayor, el estimador es:

$$N = \left[\frac{(i_1 + 1)(n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} \right] - 1$$

Este estimador es insesgado, pero si no se cumplen los supuestos teóricos se sesga fuertemente (Buckland, 1987). El supuesto crítico al cual se somete este modelo, es de que cada animal de la **población** tiene la misma probabilidad de ser capturado **en** la segunda muestra; se tienen que considerar las posibles variaciones

conductuales que menciona Hammond (1990), donde se definen como heterogeneidad. Existen animales extremadamente dóciles que son fáciles de capturar más de una vez y animales agresivos o tímidos que difícilmente se pueden capturar, por lo que si existen pocas recapturas se está sobreestimando el número poblacional y por otro lado si existen muchas recapturas de un pequeño grupo de animales, la población se está subestimando (Buckland, 1987).

Este estimador modificado de **Chapman** estima el número de animales en la población al momento de la segunda muestra, siempre que no haya muertes o emigraciones de la población. Si estos sucesos se presentan se pierde el control de la **estimación**, siempre que los animales marcados no tengan una probabilidad diferencial de muerte o de emigración con los no marcados (Buckland, 1987).

Se han propuesto algunas **metodologías** alternativas para estimar abundancias poblacionales basadas en diferentes modelos probabilísticos, considerando las frecuencias de captura de los organismos.

Eberhardt (1969) **sugirió** que la consideración teórica de igual capturabilidad de los organismos de una población, que manejan la mayoría de los modelos de **estimación poblacional basados** en la **técnica** de marcado-recaptura, en la mayoría de los casos, no era válida. El mismo autor **revisó** 40 grupos de datos de 10 especies, modificando el método de estimación básicamente en el supuesto que las recapturas siguen una distribución geométrica de frecuencias, ajustando estos modelos a las frecuencias observadas de recaptura y mediante las frecuencias estimadas realizó la estimación de la abundancia.

En una revisión de tres modelos probabilísticos basados en las frecuencias de **captura, el de Poisson, la binomial negativa y la geométrica**, Caughley (1977) encontró que estos son más realistas, ya que la probabilidad de igual capturabilidad no es tan rígida y proporcionan mejores estimaciones.

Para la distribución de Poisson se tiene que la media del número de recapturas **por individuo capturado por lo menos una vez**, se calcula como la media de la **distribución** de frecuencias observadas de las recapturas.

En 1986 se estimó el número de ballenas jorobadas que visitaron las aguas Hawaianas durante 1977 a 1981 mediante el modelo binomial, logrando un valor poblacional absoluto de 1000 animales (Darling & Morowitz, 1986). Posteriormente, en 1987 **al mismo juego de datos de Darling & Morowitz (1986)**, se aplicaron además los modelos de Poisson, binomial y geométrica, encontrándose tres diferentes estimaciones de las ballenas jorobadas que visitaron la aguas Hawaianas. Finalmente se concluyó que estos modelos no presentaban límites de confianza y que algunos modelos presentaban un ajuste muy pobre, por lo que los resultados obtenidos de estos **análisis** eran incorrectos (Baker & Herman, 1987).

3. JUSTIFICACIÓN

Balaenoptera edeni es el rorcual menos estudiado del mundo, por lo que los estudios realizados en México sobre esta especie han sido pocos y en áreas muy localizadas en el Golfo de California, por lo que es necesario enriquecer el conocimiento que se tiene de este rorcual en el área y específicamente en la Bahía de La Paz, donde se ha realizado un esfuerzo de investigación que ha arrojado valiosa información para iniciar estudios ecológicos acerca de esta especie.

Para poder lograr lo anterior, es necesario aportar información para comprender mejor el papel ecológico que desempeñan estos animales dentro de la Bahía de La Paz, ya que se desconocen algunos aspectos como, por ejemplo si su presencia es sólo ocasional o si tienen un patrón de residencia y si existe una cierta fidelidad al área.

Un trabajo tendiente a establecer por primera vez una estimación del número poblacional de esta especie dentro del Golfo de California, así como la posible fidelidad a la Bahía de La Paz por los individuos presentes, podría ayudar a contestar estas incógnitas acerca de la ecología del rorcual tropical. Además se abordará la problemática del uso del método de fotomarcado en esta especie, proponiendo un método alternativo para la estimación de la abundancia.

4. OBJETIVO GENERAL

Estimar el tamaño de la población del rorcual tropical *Balaenoptera edeni* en la Bahía de La Paz B.C.S., utilizando datos obtenidos a partir de la fotoidentificación.

4.1 Objetivos específicos

1. Elaborar un catálogo fotográfico de los individuos identificados en la Bahía de La Paz.
2. Determinar el grado de aislamiento de los animales de *Balenoptera edeni* de la Bahía de La Paz B.C.S. con otras áreas del Golfo de California.
3. Estimar la población de la Bahía de La Paz mediante la adecuación de modelos de frecuencias de captura existentes, basados en modelos probabilísticos para datos de marcado-recaptura de *Balenoptera edeni*.

5. METODOLOGIA

El periodo de estudio comprendió de mayo de 1989 a mayo de 1991. Las observaciones se realizaron en embarcaciones menores (**pangas** de 22 pies) con motores de 60 Hp, durante salidas de docencia de la asignatura de “Mamíferos Marinos” y de investigación del proyecto “Ecología de los Mamíferos Marinos de la Bahía de La Paz” adscritos al Departamento de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Las actividades realizadas en este trabajo se dividieron en dos: en el campo y laboratorio de fotografía; y estimaciones de abundancia.

5.1. Campo y laboratorio de fotografía

Para llevar a cabo el fotomarcado de los individuos, el esfuerzo se centró en fotografiar la aleta dorsal del animal. En lo posible se **trató** de obtener fotografías del resto del cuerpo que emerge al arquearse antes de realizar un buceo profundo (**Tershy et al.**, 1990).

Se **siguió** lentamente a las ballenas a través de las series de respiraciones que preceden a un buceo profundo, y cuando fue posible, se fotografió ambos lados de la **región dosal** de cada individuo.

Se utilizaron cámaras **réflex** de 35 mm con lentes de 70-210 mm, **300** mm, 135 mm y 200 mm, con aberturas de f8 y f 11, y a velocidades de disparo de 1 /1000 o más utilizando rollos de película blanco y negro de 400 ASA.

Las comparaciones entre las **fotografías** de diferentes individuos fueron hechas visualmente. Las que presentaron marcas muy parecidas en una **región** similar de la aleta dorsal se digitalizaron en computadora, siguiendo el **método** propuesto por Würsing & Jefferson (1990) y Defran eta/. (1990) para tratar de diferenciarlas (Anexo I). Las ballenas diferentes fueron colocadas en un catálogo fotográfico de trabajo, asignándose un número sucesivo a cada **fotografía** (Anexo II). Posteriormente se compararon las fotografías de los individuos identificados en la Bahía de La Paz, con las que conforman los catálogos de trabajo de los estudios realizados en Loreto B.C.S. durante 1986 a 1987 (**cortesía** de S. Flores, Universidad Autónoma de Baja California Sur, **México**) y con el de Bahía de Los Angeles B.C. durante 1983 a 1986 (cortesía de B. Tershy y colaboradores, Cornell University, Itaca, N.Y., E.U.).

La búsqueda de los animales fue consistente, y no completamente aleatoria, tratando de encontrar tantos **animales** como fuera posible, navegando en línea recta a velocidad constante, haciendo paradas frecuentes para observar en **360°** por 15 minutos, tratando de cubrir toda el área de estudio. Para el registro de los datos se utilizaron formas especialmente diseñadas para el caso, considerando: fecha, hora, **posición** del avistamiento, condiciones meteorológicas, número de animales, número de **crías**, rumbo de **navegación**, comportamiento y observaciones, número de **fotografía**, número de rollo y **fotógrafo**.

5.2. Estimaciones de abundancia

La abundancia de ***B. edeni*** se estimó por el **método** de marcado-recaptura

utilizando la **técnica** de **fotoidentificación**. Con los datos obtenidos se estableció la proporción de animales identificados del total de los fotografiados y como **índice** de abundancia relativa el número de avistamientos por hora navegada.

Para la estimación de abundancia se revisaron varios modelos propuestos para la estimación poblacional mencionados en Hammond (1986), pero ninguno se **utilizó**, debido a que el tamaño de muestra fue muy pequeño; la **metodología** propuesta por Eberhardt (1969) y Caughley (1977) en función de las frecuencias de captura utilizando la técnica de marcado-recaptura se consideró adecuada ya que cada avistamiento de animales marcados se toma como un evento probabilístico independiente y estos eventos no' están asociados entre las series sucesivas de muestreo, de manera que se adaptó esta metodología a las necesidades de este trabajo.

Se **utilizan** modelos probabilísticos que funcionan bajo las siguientes premisas:

- 1.- La poblacibn del rorcual tropical se encuentra durante toda la temporada de muestreo.
- 2.- La poblacibn considerada es una poblacibn cerrada.
- 3.- Las observaciones de los animales son al azar.
- 4.- La proporción de los animales marcados en la muestra es la misma que en la población.
- 5.- Los animales no. modifican sus marcas durante el período de estudio.

5.2.1 . Definición de las proporciones

Por la naturaleza de los datos, dado que se tienen muy pocas recapturas, no se pudo aplicar directamente cualquiera de los métodos de **estimación**, basados en el marcado-recaptura que se mencionaron en los antecedentes por lo que se implementó lo siguiente:

Considerando que el total de la población de rorcual tropical está constituida por una fracción de ballenas marcadas susceptibles de ser identificadas por medio de **fotografías** de la aleta dorsal y por otras sin marcas en la aleta dorsal que no son identificables, se define:

$$n = n_1 + n_2$$

siendo:

n = total de **fotografías** de aletas dorsales

n_1 = ballenas no marcadas o limpias

n_2 = ballenas identificables

La **proporción** de las ballenas marcadas con respecto al total de las **ballenas** fotografiadas se calcula como:

$$p = \frac{n_2}{n}$$

Considerando que el muestreo fue representativo de la población en el área de estudio, la estimación poblacional se obtuvo mediante asignación proporcional:

$$N = \frac{N_2}{P}$$

donde N_2 es el total de ballenas marcadas en la **población**.

Los datos se ordenaron en frecuencias de reavistamientos o multiplicidades, así que se tienen los valores de ballenas vistas 1, 2, 3 y 4 veces, con su correspondiente frecuencia.

El intervalo de confianza de la **estimación** poblacional se obtuvo mediante el **método** de "BOOTSTRAP" (Efron, 1979) el cual involucra el uso de la computadora para realizar muestreos simulados con remplazamiento de los datos generados en el campo. Para este trabajo se realizó la simulación 2000 veces, obteniendo en cada muestreo un nuevo valor estimado de N. De la distribución de estas **estimaciones** el intervalo al 95% de confianza, se logra suponiendo que estos resultados se comportan normalmente (**Efron & Gong**, 1983).

5.2.2. **Definición de los modelos**

Se tiene una frecuencia **observada** del número de veces que se observa el mismo animal (multiplicidad) **y** se calcula una frecuencia teórica **XC(i)** mediante:

$$XC(i) = N_2 \times f(i)$$

donde:

f(i) = Valor **téorico** de la probabilidad de que se

identifique **i veces** el mismo animal (Multiplicidad)

experimentos de Bernoulli, que en este caso cada uno de ellos es la toma de fotografías cada una con una probabilidad de éxito (ballena identificable de la población) igual a $1/N_2$. Entonces:

$$f(i) = \frac{n!}{(n-i)! i!} \left(\frac{1}{N_2}\right)^i \left[1 - \left(\frac{1}{N_2}\right)\right]^{(n-i)}$$

En la **distribución** de Poisson, la variable aleatoria i representa el número de veces que se **identificó** una ballena en una unidad de tiempo y el parámetro m representa el promedio del número de veces que se identifica un animal dado, bajo la condición de que la presencia de una ballena marcada es un evento raro (**Ross, 1989**)

$$f(i) = \frac{e^{-m} m^i}{i!}$$

En ambos casos el mejor ajuste se logró minimizando el resultado de la prueba de bondad de ajuste de ji-cuadrada, con un **método** iterativo, modificando el valor de N_2 hasta encontrar el número óptimo de ballenas marcadas en la población, en **términos** de las frecuencias calculadas. Además, en el modelo de Poisson **también** se **varió** simultáneamente el parámetro m .

Para probar el efecto de los errores en la estimación de los parámetros de los modelos empleados, se **llevó** a cabo un análisis de sensibilidad de N , cuando las frecuencias de captura **varían** en 10% por abajo y por arriba de los valores obtenidos en la estimación inicial. Además se modificaron los parámetros de los modelos hasta el máximo valor significativo de la prueba de bondad de ajuste.

6. RESULTADOS

El periodo de estudio comprendió de mayo de 1989 a mayo de 1991, durante el cual se llevaron a cabo 157 navegaciones con un esfuerzo de observación en el mar de 985.7 horas, solamente en 46 navegaciones se observó al rorcual tropical (Tabla I). Los transectos recorridos cubren completamente a la **Bahía** de La Paz hasta las inmediaciones de la Isla San **José, así** como las aguas aledañas a la Isla Espiritu Santo (Fig. 4).

Los avistamientos predominaron en la franja occidental paralela a la Isla Espiritu Santo, de aproximadamente 10 mn en correspondencia al esfuerzo de **observación** (Fig. 5).

La presencia del rorcual tropical se **confirmó** a través de todo el año (Fig. 6; Tabla I). La fluctuación del número de animales encontrados no se correlaciona con el esfuerzo, a excepción del año de 1989. Se pudo observar la ausencia total del rorcual tropical en el área durante los meses de enero, febrero, agosto **y** diciembre de 1990. En este año **la** abundancia relativa fue menor que en el año previo muestreado con una temporada definida durante primavera **y** verano (Fig. 7).

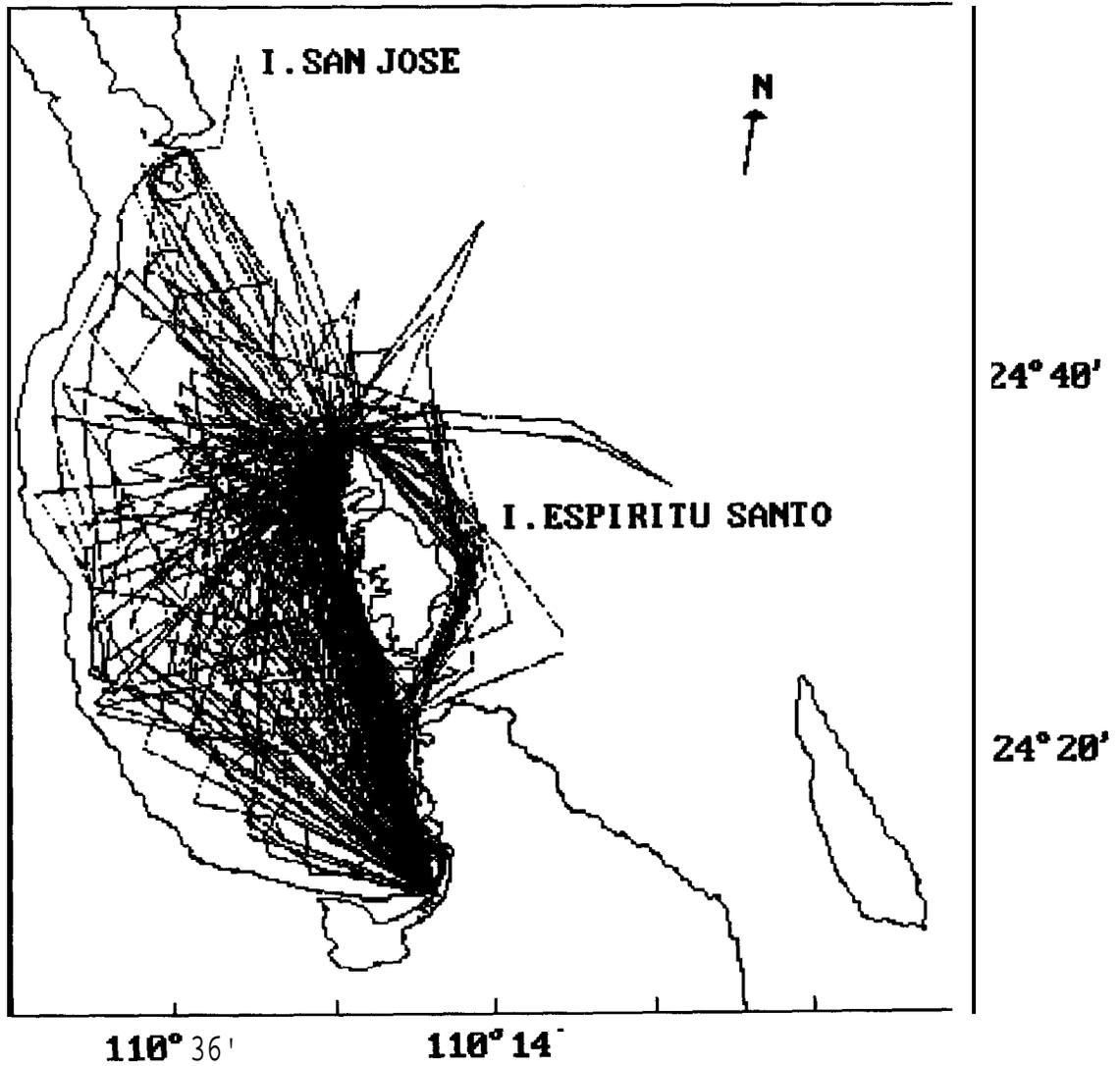


FIGURA 4: Esfuerzo de observación en la Bahía de La Paz, B.C.S., de el periodo de mayo de 1989 a mayo de 1991.

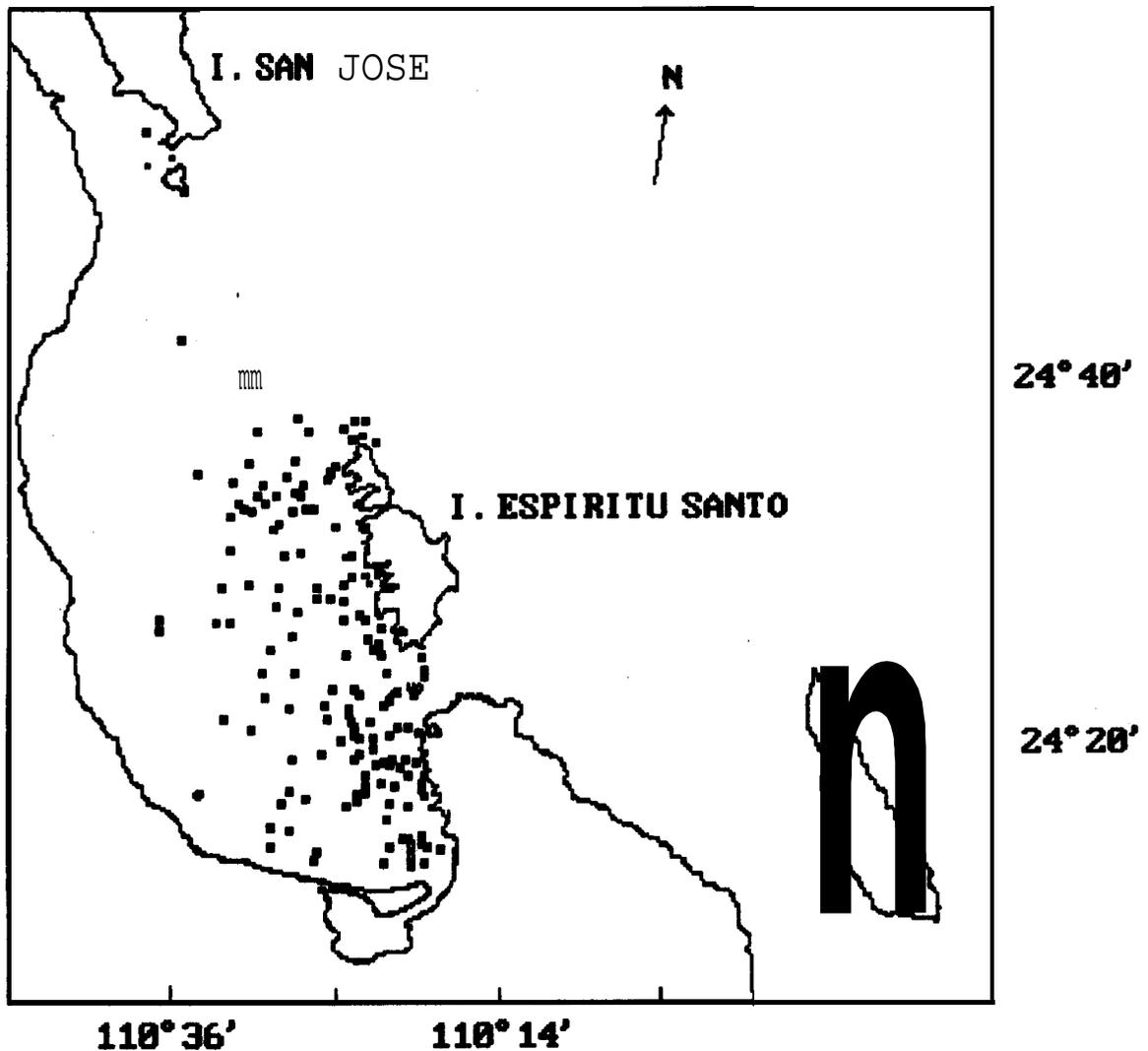


FIGURA 5.- Distribución espacial del rorcual tropical en la Bahía de La Paz, B.C.S., de mayo de 1989 a mayo de 1991. Cada punto representa un avistamiento, variando de uno a seis animales.

TABLA I.- **Resumen** de los datos por navegación en la **Bahía** de La Paz B.C.S., para *Balaeanoptera edeni* de mayo de 1989 a mayo de 1991.

No. de navegación	Fecha	Esfuerzo (hr)	No. de pangas	Animales avistados	No. de avis-tamientos	Animales fotografiados
1	890509	6.65	1	1	1	1
2	890510	7.00	1	3	3	2
3	890511	6.50	1	2	2	0
4	890523	7.32	1	1	1	0
5	890602	5.20	1	2	2	2
6	890728	4.73	1	8	3	2
7	890817	5.42	1	4	3	3
8	890818	5.45	1	2	2	2
9	890829	16.57	3	28	20	11
10	890830	15.77		34	24	13
11	890831	20.22	3	30	15	7
12	890908	17.28	3	22	11	9
13	890921	6.62	1	4	3	5
14	890922	7.53	1	24	9	10
15	891011	11.18	2	13	8	4
16	891019	13.97	2	45	21	20
17	891020	6.80	2	4	2	1
18	900304	7.05	1	1	1	1
19	900305	7.53	1	2	2	2
20	900306	4.60	1	3	2	1
21	900307	3.63	1	1	1	0
22	900409	6.45	1	2	2	2
23	900411	7.00	1	2	1	1
24	900504	13.78	2	2	1	1
25	900505	13.33	2	4	3	3
26	900517	7.83	1	3	2	1
27	900525	8.00	1	1	1	1
28	900528	14.10	2	2	2	2
29	900529	12.72	2	7	3	3
30	900607	7.83	1	13	6	6
31	900706	6.00	1	6	1	1
32	900713	7.47	1	1	1	1
33	900917	10.42	1	1	1	0
34	901001	5.17	1	1	1	0
35	901004	4.50	1	2	1	0
36	901016	8.25	1	1	1	1
37	901025	15.00	2	1	1	0
38	901115	3.85	1	1	1	0
39	910121	6.50	1	5	4	4
40	910227	8.03	1	5	3	1
41	910312	13.18	2	4	2	2
42	910320	7.77	1	1	1	0
43	910415	8.60	1	1	1	1
44	910416	9.12	1	4	3	2
45	910524	7.20	1	3	1	1
46	910530	7.62	1	4	1	1
TOTALES		406.74		311	181	131

La abundancia relativa observada de la especie presentó los máximos valores durante los meses de agosto septiembre y octubre de 1989, que corresponden a verano y otoño.

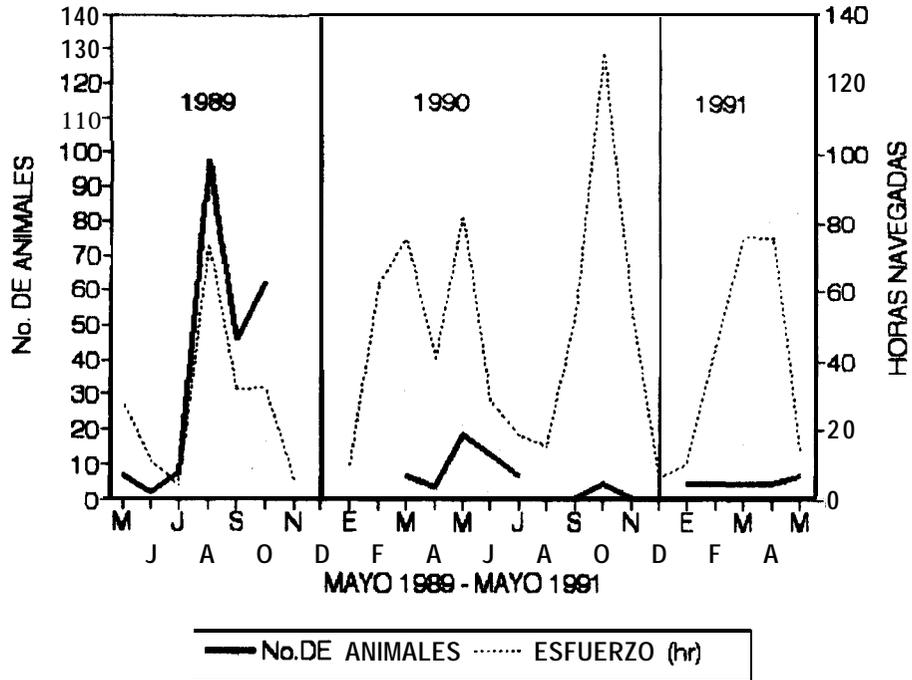


FIGURA 6.-Distribución temporal y esfuerzo en la Bahía de La Paz, B.C.S., de mayo de 1989 a mayo de 1991.

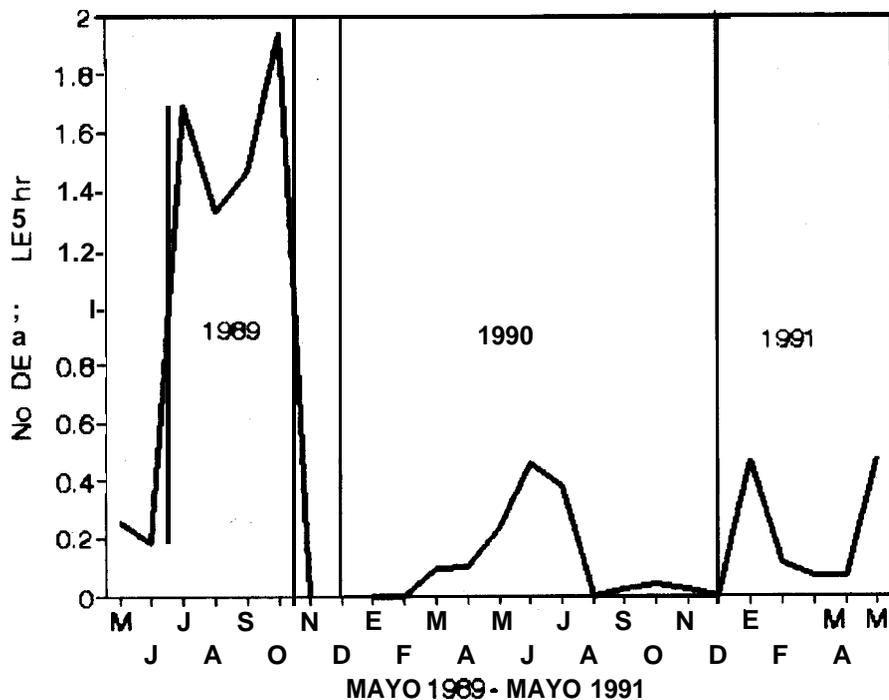


FIGURA 7.- Abundancia relativa del rorcual tropical en la Bahía de La Paz, B.C.S., de mayo de 1989 a mayo de 1991.

6.1. Estimación de abundancia

Se tuvieron un total de 181 avistamientos con 311 animales y con 131 fotografías de aletas dorsales y solamente 31 ballenas fotoidentificadas, lo que nos da una proporción de animales marcados en la muestra de 0.23664. Se encontraron recapturas durante 1989, principalmente en los meses de agosto (dos recapturas), septiembre (seis recapturas) y octubre (tres recapturas), y sólo una recaptura entre los años de 1989 y 1991.

Con la **distribución** de Poisson se obtuvo una estimación significativa de 235 ballenas con un intervalo de confianza de 173 a 327 animales, con un valor **m** de 0.864894 y un **N₂ teórico** de 56 ballenas (Tabla II; Fig. 8).

Por otro lado, los datos observados de la multiplicidad no presentan una **distribución** binomial, por lo tanto el uso de este modelo se descarta, sin embargo se realizó una estimación poblacional de 168 ballenas ($p < 0.05$) y un N_2 teórico de 40 ballenas (Tabla II; Fig. 8).

La estimación lograda, representa a los animales presentes en la Bahía de La Paz durante el **período** de mayo de 1989 a mayo de 1991.

TABLA II.- Ajustes de los modelos **probabilísticos** para los reavistamientos del rorcual tropical en la **Bahía** de La Paz, B.C.S., de el **período** de mayo de 1989 a mayo de 1991. $XO(i)$ = Frecuencia de multiplicidad observada; $XC(i)$ = Frecuencia de multiplicidad calculada; $DIF2$ = Diferencia cuadrática.

		BINOHIAL		POISSON	
MULTIPLICIDAD	XO(i)	XC(i)	DIF2	XC(i)	DIF2
1	22	14.438	3.9602	20.274	8.1469
2	5	5.587	8.8616	8.767	1.6188
3	3	1.393	1.8529	2.528	8.8882
4	1	0.252	2.2262	0.547	El.3762
N₂			40	56	
JI-CUADRADA		(P<0.05) 8.1913		2.2303	
ESTIMACION POBLACIONAL			168	235	
INTERVALO DE CONFIANZA			173 - 327		

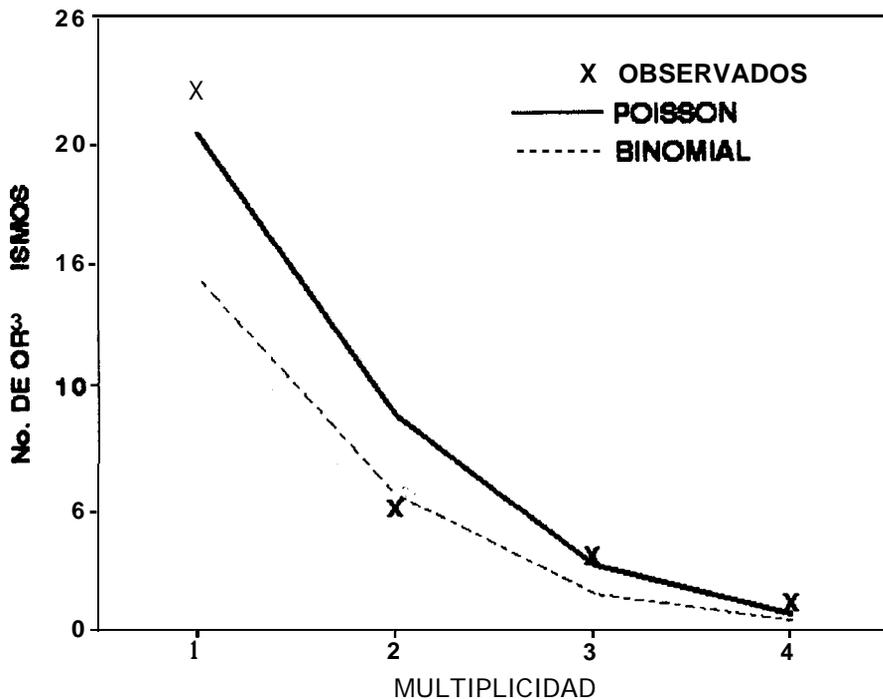


FIGURA 8.- Ajuste de los modelos binomial y Poisson a los datos de recapturas o multiplicidad en la Bahía de La Paz, B.C.S., de mayo de 1989 a mayo de 1991.

Puesto que solamente el modelo de Poisson arrojó resultados significativos, los análisis de sensibilidad solamente se aplicaron a este modelo. Se modificaron los valores de las multiplicidades teniendo como resultado del análisis, que la variación en la estimación de la abundancia presentó un cambio del orden de 8.9% al aumentar los parámetros en un 10%; la variación en el caso opuesto, fue del orden de 9.78%, presentándose un mejor ajuste del modelo a los datos teóricos (Tabla III).

Los valores de los parámetros m y N_2 se modificaron hasta que el valor de la prueba de bondad de ajuste dejara de ser significativa, primero un parámetro a la vez y posteriormente ambos parámetros simultáneamente. Se considero el valor máximo significativo de la prueba de bondad de ajuste a $n-1$ grados de libertad (7.991). Se obtuvo una sensibilidad del orden de 52.34% al modificar el valor de N_2 la cual es la

más importante en los tres análisis realizados, en la variaciones del parámetro **m** y la **variación** simultánea de ambos **parámetros** se obtuvieron resultados de sensibilidad despreciables (0% para el primer caso y 0.85% para el segundo, Tabla IV).

Lo anterior **índice** que el parámetro más importante a considerar en la estimación de la abundancia por este **método** es el de N_1 , ya que actúa directamente en la estimación final de la abundancia.

TABLA III.- Resultados del **análisis** de sensibilidad de la abundancia modificando la multiplicidad.

i	XO(i)	XO'(i)	XO''(i)
1	22	24.2	19.8
2	5	5.5	4.5
3	3	3.3	2.7
4	1	1.1	0.9
m	0.8648	0.8648	0.8648
N₂	56	61	50
N	235	259	212
χ²	2.230	2.453	2.887
Sensibilidad (%)		6.9	9.78

XO'(i) = Valor modificado de **XO(i)**
en un **10%** de incremento

XO''(i) = Valor modificado de **XO(i)**
en un **10%** de decremento

TABLA IV.- Valores **óptimos** de los parámetros del modelo de Poisson.

	ESTIMADOS	OPTIMOS	SENSIBILIDAD		
			N ₂	m	AMBOS
m	0.8648		Et.8648	0.6846	1.3894
N ₂	56		85	56	56
N	235		358	235	237
			52.34%	0%	0.85%

6.2. Interacción con otras áreas

Con el catálogo del área de Loreto se revisaron las 17 fotografías de los individuos identificados en la zona y no se **encontró ninguna** recaptura en Bahía de La Paz. En el catálogo de **Bahía** de Los Angeles se revisaron aproximadamente 300 **fotografías** y se obtuvieron dos recapturas en la Bahía de La Paz (“Notch Notch” y “Volcanoe”, por Tershy y colaboradores).

Volcanoe fue avistada en cinco ocasiones durante el período de 1983 a 1986 en Bahía de Los Angeles, identificándose como hembra cuando se observó con una **cría** en marzo de 1986; posteriormente se **reavistó** en una ocasión en la Bahía de La Paz, en enero 1991 también con cría.

Notch Notch fue avistada en tres ocasiones, dos en 1983 y una en 1984 en Bahía de Los Angeles; posteriormente se **reavistó** en Bahía de La Paz en septiembre de 1989.

Dentro del Golfo de California existen en general pocas recapturas de individuos marcados (Tabla V).

TABLA V.- Recapturas del rorcual tropical entre cuatro áreas del Golfo de California.

AREA	N	BLA	FUENTE
BLA	160	-	Tershy y otros (Tershy <i>et. al.</i> , 1990)
BK	1	1	Agler, L.A. (citado por Tershy <i>et. al.</i> , 1998)
LOR	17	3	Flores-Fleicher (citado por Tershy <i>et. al.</i> , 1990)
BPAZ	31	2	Presente trabajo

N= Número de animales identificados por zona.

BLA= Bahía de los Angeles, B.C.

BPAZ= Bahía de La Paz, B.C.S.

LOR = Loreto, B.C.S.

BK= Bahía Kino, Son.

7. DISCUSIÓN

En **función** de la fotoidentificación se **trató** de establecer si existía una cierta fidelidad a la **bahía** por los individuos de la especie, utilizando las recapturas de los individuos. Se obtuvo una baja frecuencia de reavistamientos durante todo el período de estudio (Tabla II), lo cual indica que la fidelidad de los animales a esta zona es muy baja ya que **sólo** se presentó una recaptura entre años.

Urbán *et al.* (1990; 1991) mencionan que la mayor abundancia de la especie en la **Bahía** de La Paz se presenta durante la estación cálida del año. Para confirmar esta aseveración, el período de observación deberá ser más largo considerando la distribución de la especie, aunado a la falta de conocimiento de las posibles diferencias conductuales o de preferencia de zonas específicas por los grupos de edad de la especie (juveniles, adultos, madres con cría), se necesitaría tomar como límite máximo para establecer la estacionalidad la longevidad promedio de la especie, para estar más seguros de que así se presenta. Es claro que durante el verano de 1989 se **presentó** una situación que favoreció la presencia del rorcual tropical en la bahía, aunque se presenta claramente una correlación entre el esfuerzo de observación **y** el número de animales avistados en esta **época** del año. En los años subsecuentes (1990 **y** parte del 1991) ambas distribuciones se comportan de manera diferente, pero aún se puede observar un incremento en el número de animales en la **época** cálida de 1990, lo cual apoyaría en cierta manera la propuesta de Urbán *et al.* (1990; 1991).

7.1. Estimación poblacional

La fotoidentificación y el análisis de captura-recaptura se han utilizado extensamente en diferentes especies de cetáceos, que en su mayoría son fáciles de identificar (v.g. la ballena jorobada, la ballena azul, las orcas). Algunas poblaciones como lo son las de *Globicephala spp*, *Pseudorca crassidens*, *Balaenoptera borealis*, *Balaenoptera edeni* y la mayoría de los delfines, no son tan fáciles de identificar, en principio por su comportamiento y por que presentan la característica de que no todos los individuos que las componen presentan marcas para lograr una identificación positiva del animal. Por esta razón, una parte importante de la población no es susceptible de identificarse y por consiguiente, en un análisis de estimación de abundancia utilizando el método de captura-recaptura, se está perdiendo una porción importante de información del muestreo derivada de esta condición, lo que origina que la estimación de abundancia pueda presentar un sesgo importante, que se suma al error inherente de cada estimador empleado.

Baker & Herman (1987) criticaron duramente el uso de los modelos probabilísticos para la estimación de abundancias, argumentando que varios de los modelos utilizados presentaban un ajuste muy pobre, el cual tiene un efecto directo en las estimaciones; otro punto de sus argumentaciones es que las estimaciones obtenidas a partir de estos modelos no presentan intervalo de confianza.

En el presente trabajo, a diferencia de los trabajos anteriores que utilizan distribuciones probabilísticas como los de Eberhardt (1969), Caughley (1977) y Darling & Morowitz (1986), se utiliza la minimización de la prueba de bondad de

ajuste, obligando al modelo a explicar con más **precisión** la **distribución** de los datos, **y** de esta forma buscar el mejor ajuste según la naturaleza de cada distribución probabilística empleada. Para el intervalo de confianza se emplea el método de BOOTSTRAP que ha demostrado ser bastante poderoso para estimar el error estándar de una muestra promedio (Efron & Gong, 1983; Efron & Tibshirani, 1991).

El efecto de utilizar un modelo desarrollado para poblaciones cerradas y que es aplicado a una población que no lo es, ha sido ampliamente discutido como en el trabajo de Hammond (1986). Para el caso de los modelos probabilísticos su aplicación se debe restringir a **períodos** cortos de tiempo, para cumplir con el supuesto de población cerrada **y** con esto los valores de los parámetros que modifican a la población se pueden considerar despreciables en **términos** de tiempo, ya que la estimación se considerarla puntual. Al haberse encontrado que posiblemente la población estudiada en cierta forma no se encuentra aislada en el Golfo de California **y** a pesar de que la estimación es puntual, no deja de existir un sesgo en las estimaciones que se **tendría** que evaluar, aunque la interacción entre zonas no sea muy fuerte.

Las estimaciones obtenidas por los modelos empleados en este trabajo difieren entre sí, por lo que se tiene que considerar los resultados de las pruebas de bondad de ajuste **sólo** en el caso de que fueran **significativos**. De los resultados obtenidos, el valor de la J_i^2 resultó significativo solamente para el modelo de Poisson.

El manejo **y** aplicación de los modelos probabilísticos pueden causar cierta confusión, cuando no se establece claramente el significado de cada una de las

variables involucradas en cada modelo, así como las consideraciones teóricas de cada **distribución**. Dependiendo de la **condición** de los datos, la distribución binomial se puede aproximar a la distribución de Poisson cuando la probabilidad de **éxito** es cercana a cero y el tamaño de la muestra sea muy grande (Zuwaylif, 1977).

En este tipo de trabajo, para que esta condición se presentara, se tendría que tener un número de ballenas fotografiadas muy grande y que la probabilidad de fotografiar a una ballena identificable de la población fuera cercana a cero. Esta situación **implicaría** que existe una gran **proporción** de ballenas sin marcas en la **población**. En base a lo anterior las dos distribuciones empleadas en el presente estudio se trabajan como modelos independientes sin llegar a la situación de la aproximación de distribuciones por la naturaleza de los datos.

Suponiendo que la población del rorcual tropical que se presenta en el Golfo de California no está dividida en fracciones poblacionales aisladas, y presumiendo que los muestreos tomados tanto en Bahía de Los Angeles y en **Bahía** de La Paz fueron representativos de la población en su momento (aunque exista una gran diferencia de esfuerzo en las dos zonas), se encontró que la estimación lograda en ambos estudios varían considerablemente (454 animales para Bahía de los Angeles, Tershy et **al.**, 1990 y 235 para la Bahía de La Paz). Al parecer el efecto de considerar la forma de la aleta dorsal como criterio de identificación altera la estimación, ya que la aleta de esta especie, presenta una pequeña **variación** entre los animales pero es muy difícil de garantizar la plena **identificación** de un animal dado. La estimación de los animales que utilizaron el área de Canal de Ballenas y Bahía de Los Angeles se logró dividiendo

el número de los animales identificados entre la proporción de los individuos identificables. Esta estimación presenta un importante sesgo como se mencionó previamente, ya que la proporción de los individuos identificables de la población se logró mediante 138 identificaciones positivas por marcas en la aleta dorsal **y** 22 ballenas identificadas en función de la forma de la aleta dorsal.

Ahora teniendo como hecho la existencia de un número determinado de animales fotoidentificados en el Golfo de California, se puede establecer un número **mínimo** de la población del rorcual tropical en el golfo, siendo **éste** de 203 animales, considerando solamente a los animales que fueron fotoidentificados en las áreas mencionadas (Tabla V).

Esta estimación **mínima** es válida puesto que se hizo en un período de 9 años, **y** considerando que el promedio de vida del género es de 50 años (Bryden, **1972**), **y** que el único parámetro poblacional que afecta a la población del rorcual tropical es la mortalidad natural (enfermedades, vejez, depredadores).

Con el mismo razonamiento, Tershy et al. (1990) estimaron en 454 animales que estuvieron presentes en el Canal de Ballenas. Flores (1989) en el último período de muestreo estimó en 40 animales que estuvieron presentes en **Loreto** 1987, **y** en el presente trabajo se estimó en 235 animales que estuvieron presentes en la Bahía de La Paz.

Aunque las estimaciones realizadas en las diferentes zonas fueron establecidas con diferentes metodologías, los valores obtenidos, pueden servir como un indicador de la abundancia de la especie en el Golfo de California.

El siguiente paso **sería** homogeneizar las estimaciones para cada una de las zonas mencionadas con una sola metodología de estimación, lo cual daría una idea más clara del estado de la abundancia poblacional de la especie en el golfo.

Tershy et *al.* (1990) en sus estudios en el Canal de Ballenas y Bahía de Los Angeles, obtuvieron una **proporción** de animales fotoidentificables de 0.352, la cual es evidentemente más alta que la **obtenida** por este trabajo en la **Bahía** de La Paz, donde se obtuvo una proporción de 0.23664; esto se puede a dos situaciones, la primera sería la diferencia del criterio empleado por los dos trabajos de aleta "identificable", la segunda a las diferencias regionales que pudieran existir en las posibles fracciones poblacionales.

7.2. Interacción con otras áreas

De la **comparación** de los catálogos de trabajo de otras áreas del Golfo de California, con el de Bahía de La Paz se obtuvieron solamente dos recapturas.

El bajo **índice** de recapturas tanto en la **Bahía** de La Paz, como entre diferentes áreas del Golfo de California **y** el gran número total de animales fotoidentificados en total dentro del golfo (203 animales; Tabla V), sugieren dos posibilidades, que la población: (1) es muy grande **y** se distribuye por parches en áreas más o menos definidas, o (2) se mueve fuera del Golfo de California, probablemente en la costa occidental de la **Península** de Baja California, donde existen avistamientos del rorcual tropical frente a Bahía Magdalena B.C.S. en verano (Urbán & **Aguayo**, 1985;

Gerrodette, **comm.pers.**¹). También hay reportes de avistamientos en Sonora (Vidal et al., 1987), Sinaloa, Nayarit y Jalisco (Salinas & Bourillon, 1988).

Para el verano y otoño de 1989, se puede suponer que se presentó el segundo caso mencionado, ya que Bahía Magdalena es una área de gran importancia para la pesca de sardina (*Sardinops sagax* y *Opistonema spp.*), la cual se considera el principal alimento del rorcual tropical en aguas mexicanas (Tershy et al., 1990).

La sardina se encuentra en grandes cantidades en esta zona con fluctuaciones a través del tiempo, debido a las condiciones oceanográficas y de pesca (Lluch-Belda et al., 1986; Lluch-Belda et al., 1991). Es lógico pensar en el hecho de que la presencia del rorcual tropical en una zona dada, esté relacionada con la presencia del alimento, más que con cualquier otro factor medioambiental. Si por alguna causa, la disponibilidad de alimento se viera restringida, esta ballena buscaría otras zonas alternativas para alimentarse. Tal podría ser el caso durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre de 1989 en la Bahía de La Paz, donde se presentó una gran abundancia del rorcual tropical y quecoincidió en Bahía Magdalena con las capturas más bajas del período de mayo de 1989 a mayo de 1991. Asimismo, en los últimos tres meses de 1990 coincide un pico de capturas de sardina en Bahía Magdalena con el menor índice de frecuencia relativa del rorcual tropical en la Bahía de La Paz (Fig. 9).

Durante el período de estudio de este trabajo no se logró ningún avistamiento de la especie alimentándose en la superficie, aunque Flores (1994), menciona una gran

¹ Dr. Tim Gerrodette. National Marine Fisheries Service, SFSC.

actividad alimenticia en esta zona, principalmente en el mes de septiembre con 0.08 eventos alimenticios por minuto.

Considerando el bajo número de recapturas mediante fotoidentificación en esta zona, y tomando en cuenta que no se observó ningún avistamiento alimentándose en superficie durante el período de estudio, se sugiere que la Bahía de La Paz es una zona de tránsito más que de **alimentación**, exceptuando el verano de 1989.

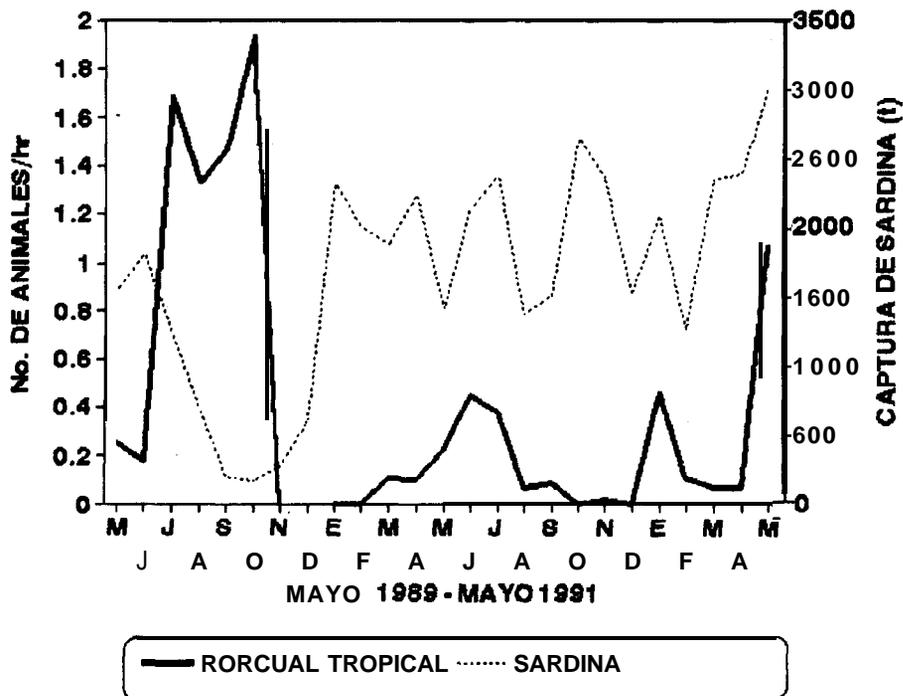


FIGURA 9.- Abundancia relativa del rorcual tropical en la Bahía de La Paz, B.C.S., y capturas de sardina en Bahía Magdalena, B.C.S. (cortesía del M. C. Roberto Félix Uruga del CICIMAR)

Los animales que se presentaron en la Bahía de La Paz durante el período de estudio no formarían parte de una población cerrada en un área restringida, en una **porción** del golfo. Si no que, por la variación presentada entre años, aunadas las pocas recapturas logradas en otras zonas del Golfo de California (Tabla V), se puede considerar que la población se mueve libremente formando agregaciones estacionales con interacciones entre sus individuos, en busca de alimento a través de todo el golfo sin límites **aparentes** y posiblemente fuera de él. Esto apoyaría parcialmente la propuesta de Vidal et *al.* (1987), quienes mencionan un movimiento másivo de animales hacia fuera del Golfo de California.

7.3. Sensibilidad de los modelos

7.3.1. Variación de la multiplicidad en 10 % más y menos

El efecto de la variación porcentual de las frecuencias de las recapturas, afectó para el caso del incremento de un 10% en una sobreestimación de la población de **8.9%** con respecto a valor obtenido de los datos generados en el campo, para el caso contrario se presentó una subestimación de la **población** del orden de 9.75%; en este último caso el valor de la prueba de bondad de ajuste tuvo su valor más bajo de los tres análisis, debido a que la mayor fuente de variación ocurre en el valor de multiplicidad 1, al disminuir este valor, la discrepancia entre los valores estimados **y** observados se redujo y se refleja directamente en la prueba de bondad de ajuste.

Al parecer existe una correspondencia entre la **variación** en porcentaje de las frecuencias de recaptura **y** los valores de estimación que arroja el modelo, siendo este de menor magnitud. El valor del número de veces que se identifica un animal dado (**m**) permanece como óptimo durante los tres análisis.

La variación en la multiplicidad no presenta en general efectos considerables en la estimación de la población.

7.3.2. **Variación de los parámetros, hacia los máximos significativos.**

El efecto de variar simultáneamente los parámetros **m y N₂** del modelo hasta que el valor de la prueba de bondad de ajuste dejara de ser significativo, fue de 0.85% en la estimación de la población (Tabla IV). Esta situación se debe a que durante la prueba el parámetro **m** presentó mayor flexibilidad absorbiendo toda la variación. Este parámetro no interviene directamente en la estimación final, sin embargo su influencia se puede observar claramente en los valores calculados **y** por ende en el ajuste del modelo, manteniéndose el mismo valor óptimo de N₁.

Al modificar solamente el valor de **m** la estimación se mantiene sin cambio alguno ya que no interviene directamente en la estimación.

Al modificar solamente el parámetro N₁, se presenta una importante variación del 52.34% (Tabla IV) sobreestimándose la **población**. Este efecto se debe a que este parámetro interviene activamente en la estimación final, de manera que sí se presentan pequeñas variaciones del valor óptimo de N₂ estas se magnificarán en la **estimación final**.

8. CONCLUSIONES

1. La mejor estimación poblacional del rorcual tropical presente en la Bahía de La Paz B.C.S. durante mayo de 1989 a mayo de 1991 , se logró con el modelo de Poisson: 235 ballenas con un intervalo de confianza de 173 a 327 ($p < 0.05$).

2. La metodología propuesta, presenta las siguientes ventajas:

A) La **consideración** de igual capturabilidad no es tan rígida y opera sobre el número de animales capturados en un período de estudio no muy largo, para cumplir con el supuesto de población cerrada (sin natalidad, mortalidad ni **migración**).

B) El número poblacional se estima con los animales que por lo menos se capturaron una vez, más el número estimado de animales que nunca se identificaron (aletas sin marcas).

C) Se busca el ajuste más cercano con cualquier modelo probabilístico, en este caso el Binomial y Poisson, lo **que nos** permite adaptar la metodología a la naturaleza de los datos, buscando siempre el mejor ajuste significativo por los modelos.

3. Se sugiere que no existen fracciones poblacionales aisladas, sino que es una sola población que se distribuye en todo el Golfo de California, en forma de agregaciones estacionales dependientes del alimento disponible en una zona dada.

4. Basado en las ballenas identificadas por los **estudios** realizados en el Golfo de California hasta 1991, el número mínimo de ballenas diferentes por sus marcas es de 203 individuos.

5. El parámetro al cual el modelo de Poisson presenta mayor sensibilidad es al N , ya que afecta directamente a la estimación.

9. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere aplicar la **metodología** utilizada en el presente trabajo para realizar las estimaciones del rorcual tropical con los datos de fotoidentificación existentes de Bahía de Los Angeles, Canal de Ballenas y **Loreto**.

2. Se recomienda realizar esfuerzo de observación para el rorcual tropical en otras áreas como lo es en la zona fuera de Bahía Magdalena B.C.S., así como aumentar el esfuerzo de observación **y de fotoidentificación** del rorcual tropical en el Golfo de California.

10. LITERATURA CITADA

- ARNBOM, T.. 1987. Individual identification of sperm whales. **Rep. Int. Whaling Commn 37: 201-204.**
- AURIOLES, D., C. FOX, F. SINSEL & E. ALVARADO. 1982. Avistajes de mamíferos marinos en la **Bahía** de La Paz, B.C.S. En: Resúmenes de la VIII Reunión **Internacional** sobre **Mamíferos** Marinos. Universidad **Autónoma** de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., **México**, mayo de 1982.
- 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 & J. ÖSTMAN**. 1986. Migratory movement and population **structure** of humpback whale (***Megaptera novaeangliae***) in the Central and Eastern North **Pacific**. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 31: 105-119.
- BAKER, C.S. & L.M. HERMAN. 1987. Alternative population estimates of humpback whales (***Megaptera novaeangliae***) in Hawaiian waters. **Can. J. Zool.** 65: 2818-2821.
- BEST, P.B.. 1977. Two allopatric forms of Bryde's whale off South Africa. **Rep. Int. Whaling Commn (special issue 1): 1 O-38.**
- BIGG, M.A.. 1982. **An** Assesment of killer whales (***Orcinus*** orca) stocks off Vancouver Island, British Columbia. **Rep. Int. Whaling Commn 32: 655-666.**
- BIGG, M.A., G.M. **ELLIS**, J. K.B. **FORD**, & K.C. **BALCOMB**. 1987. **Killer Whales**. Phantom Press, Nanaimo, British Columbia, Can.. 79 p.
- BRYDEN, M.M.. 1972. Growth and development of marine mammals. In: **HARRISON, R.J. (Ed.), Funcional Anatomy of Marine Mammals**. Academic Press, London, 235 p.
- BROWNELL, R.L., K. **RALLS** & P.W.F. **PERRIN**. 1989. The plight of the forgotten whales. **Oceanus 32(1): 5-13.**
- BUCKLAND, E.T.. 1987. **Métodos para la Estimación de Abundancia de Mamíferos Marinos**. Manual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, México, **62p.**
- CAUGHLEY, G.. 1977. **Analysis of Vertebrate Populations**. John Wiley & Sons Inc., New York, USA, 234 p.

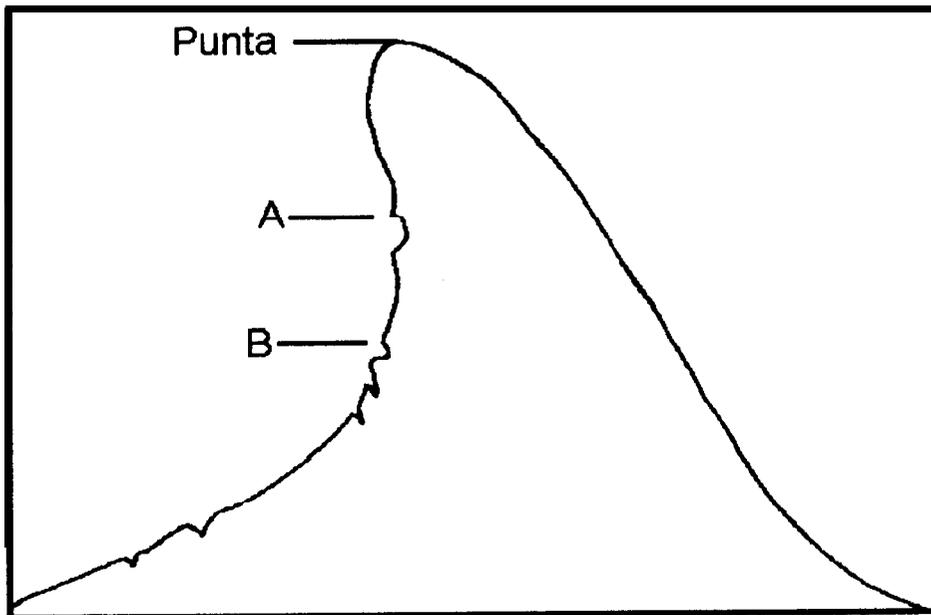
- CUMMINGS, W.C.. 1985. Bryde's whale *Balaenoptera edeni* Anderson, 1978. In: RIDGWAY S.H. & R. HARRISON (Eds.), **Handbook of marine mammals Vol. 3: The Sirenians and Baleen whales**. Academic Press. 362 p.
- DARLING, J.D. & H. MOROWITZ. 1986. Census of "Hawaiian" humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. **Can. J. Zool.** 64: 105-112.
- DEFRAN, R.H., G.M. SCHULTZ & D.W. WELLER. 1990. A technique for the photographic identification and cataloging of **dorsal fins** of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). **Rep. Int. Whaling Commn (special issue 12)**: 53-56.
- DORSEY, E. M.. 1983. Exclusive adjoining ranges in individually identified minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in Washington State, **Can. J. Zool.** 61: 174-181.
- EBERHARDT, L.L.. 1969. Population estimates from recapture frequencies. **J. Wildl. Manage.** 33: 28-38.
- EFRON, B.. 1979. Bootstrap methods: Another look at the Jackknife **Annals of Statistics** 7: 1-26.
- EFRON, B. & G. GONG. 1983. A leisurely look at the Bootstrap, the Jackknife, and Cross-Validation. **The American Statistician** 37(1):36-47.
- EFRON, B. & R. TIBSHIRANI. 1991. Statistical data analysis in the computer age. **Science** 253: 390-395.
- FLORES, R.S.F.. 1989. La presencia del rorcual de Bryde (*Balaenoptera edeni*) en el Golfo de California. **Tesis de Licenciatura**, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz B.C.S., **México**. 106 p.
- FLORES, R.S.F.. 1994. Utilización **ecológica** de la Bahía de La Paz, Baja California Sur por el rorcual tropical *Balaenoptera edeni* (CETACEA: BALAENOPTERIDAE), 1988-1991. Tesis de **Maestría**, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada B.C., **México**. 92 p.
- GALLARDO, V.A., D. ARCOS, M. SALAMANCA & L.PASTENE. 1983. On the occurrence of Bryde's whales (*Balaenoptera edeni* Anderson, 1878) in an upwelling area off central Chile. **Rep. int. Whaling Commn** 33: 481-488.
- GASKIN, D. C.. 1972. **Whales, Dolphins, and, Seals, with special reference** to the New Zealand Region. St. Martin's Press, N.Y.

- GASKIN, D.E.. 1982. **The Ecology of Whales and Dolphins**. Heinemann **Educational Books**, London and **Exeter**, New Hampshire, USA. 459 p.
- HAMMOND, P.S.. 1986. Estimating the **size** of naturally marked whale populations using capture-recapture techniques. **Rep. Int. Whaling Commn** (special issue **8**): 253-278.
- HAMMOND, P.S.. 1990. Heterogeneity in the Gulf of Maine? Estimating humpback whales population **size** when capture probabilities are not equal. **Rep. Int. Whaling Commn** (special issue 12): **135-140**.
- HOLT, S.. 1986. **Aspects** of the assessment and regulation of Bryde's whales in the Northwest Pacific. **Rep. Int. Whaling Commn 36: 257-262**.
- LEATHERWOOD, S., R.R. REEVES, W.F. PERRIN & W.E. EVANS. 1988. **Ballenas, delfines y marsopas del Pacífico Nororiental y de las aguas árticas adyacentes: Una guía para su identificación**. Comisión Interamericana del Atún Tropical, Informe especial No. 8, La Jolla, California, USA, 245 pp.
- LLUCH-BELDA D., P.F. MAGALLON & R.A. SCHWARTZLOSE. 1986. **Large** fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. **CalCOFI Rep. 27: 136-140**.
- LLUCH-BELDA D., LLUCH-COTA D.B., S. HERNANDEZ-VAZQUEZ, C.A. SALINAS-ZAVALA & R.A. SCHWARTZLOSE. 1991. Sardine and **anchovy** spawning as **related** to temperature and upwelling in the California current system. **CalCOFI Rep. 32: 105-I II**.
- MIYASHITA, T.. 1986. Sightings **estimate** for the Bryde's whale stock in the western North Pacific. **Rep. Int. Whaling Commn 36: 249-252**.
- MIYASHITA, T. & F. KASAMATSU. 1985. Population assessment of the western North Pacific stock of Bryde's whales. **Rep. Int. Whaling Commn 35: 363-368**.
- OHSUMI, S.. 1983. Yearly **changes** in the abundance index of Bryde's whales in the western North Pacific using sightings data. **Rep. Int. Whaling Commn 33: 477-479**.
- OMURA, H.. 1962. Bryde's whale occurs **on the coast** of Brazil. **Sci. Rep. Whales Res. Inst., 16: 1-14**.
- OMURA, H.. 1977. Review of the occurrence of Bryde's whale in the Northwest Pacific. **Rep. Int. Whaling Commn** (special issue 1): 88-91.

- PAYNE, R., O. BRAZIER, E. M. DORSEY, J. S. PERKINS, V. J. ROWNTREE & A. TITUS. 1983. **External features** in southern right whales (*Eubalaena australis*) and their use in identifying individuals. In: PAYNE, R.S. (Ed.), **Communication and Behavior of Whales**. Westview Press, Boulder, Colorado, USA, 643 p.
- RAMIREZ, P.. 1989. Alimentación de la "ballena Bryde" durante el fenómeno "El Niño". **Boletín de Lima, No. 62: 87-90**.
- RICE, D.W.. 1977. Synopsis of Biological data on the sei whale and Bryde's whale in the Eastern North Pacific. **Rep. Int. Whaling Commn** (special issue 1): 92-97.
- ROSS, M.S.. 1989. **Introduction to probability models**. Academic Press Berkeley 544p
- SALINAS, Z.M. & L.F. BOURILLON. 1988. Taxonomía y distribución de los mamíferos marinos de Bahía de Banderas, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 211 p.
- SEARS, R.J., M. WILLIAMSON, F.W. WENZEL, M. BERUBE, D. GENDRON & P. JONES. 1990. Photographical identification of the blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the Gulf of St. Lawrence, Canada. **Rep. Int. Whaling Commn** (special issue 12): 335-342.
- SEBER, G.A.F.. 1982. **The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters**. Macmillan Publishing Co., New York. 654 p.
- SHANE, S.H. & D. McSWEENEY. 1990. Using photo-identification to study pilot whale social organization. **Rep. Int. Whaling Commn** (special issue 12): 259-264.
- TERSHEY B.R., D. BREESE & C.S. STRONG. 1990. Abundance, seasonal distribution and population composition of Balaenopterid whales in the Canal de Ballenas, Gulf of California, Mexico. **Rep. Int. Whaling Commn** (special issue 12): 369-375.
- TERSHEY, B.R., D. BREESE & S. ARVAREZ-BORREGO. 1991. Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño-Southern Oscillation event. **Mar. Ecol. Prog. Ser. 69: 299-302**.
- TERSHEY, B.R.. 1992. Body size, diet, habitat use, and social behavior of Balaenoptera whales in the Gulf of California, Mexico. **J. Mamm. 73(3): 477-486**.
- TILLMAN, M.F. 1981. Estimated abundance of the western North Pacific stock of Bryde's whales. **Rep. Int. Whaling Commn 31: 385-388**.

- TILLMAN, M.F. & S.A. MIZROCH. 1982. Mark-recapture estimates of abundance for the western Northern Pacific stock of Bryde's whales. **Rep. Int. Whaling Commn 32: 335-337.**
- URBAN, R.J. & A. AGUAYO L. 1985. Cetáceos observados en la Costa Occidental de la Península de Baja California, México. Septiembre 1981-Enero 1985. **Memorias de la X Reunión Internacional sobre Mamíferos Marinos: 93-103**
- URBAN, R.J., R. VALLES J., A. GOMEZ U. & A. ROSALES V. 1990. Resultados preliminares de la abundancia relativa y **distribución** espacio-temporal del rorcual tropical *Balaenoptera edeni* en la Bahía de La Paz, B. C. S. Mayo de 1989 - Marzo de 1990. En: Resúmenes de la XV Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz B.C.S., México, mayo de 1990.
- URBAN, R.J. & R. VALLES. 1991. Distribución espacio-temporal de los cetáceos de la **Bahía** de La Paz, B.C.S., **México**. En: Resúmenes de la XIV Reunión de **mamíferos** acuáticos, Universidad de Valdivia, Valdivia, Chile, agosto de 1991.
- URBAN, R.J., R. VALLES J. & A. GOMEZ-GALLARDO U.. 1991. Relative abundance, time-space distribution and **some aspect** of the biology of the tropical rorcual (*Balaenoptera edeni*), in La Paz Bay B.C.S., México. **Abstracts. IX Bienn. Conf. on the Biol. of Mar. Mamm. Chicago, USA.**
- VIDAL, O., A. AGUAYO L., L.T. FINDLEY, A. ROBLES, L.F. BOURILLON, Y. VOMEND, P. TURK, K. GARATE, L. MAROÑAS & J. ROSAS. 1987. **Avistamientos** de cetáceos durante el crucero "**Guaymas I**" en la **región** superior del Golfo de California, Primavera de 1984. Mem. X Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos en México, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz B.C.S., México, mayo de 1987.
- WADE, P.R. & T. GERRODETTE. 1993. Estimates of cetacean abundance in the eastern tropical Pacific. **Rep. Int. Whaling Commn 43: 477-494.**
- WÜRSING, B. & T.A. JEFFERSON. 1990. Methods of photoidentification for small cetaceans. **Rep. Int. Whaling Commn (special issue 12): 43-52.**
- ZUWAYLIF, F.H.. 1977. **Estadística General Aplicada**. Fondo Educativo Interamericano, México. 248 p.

ANEXO I.- Tomado y modificado de Defran et *al.* (1990).



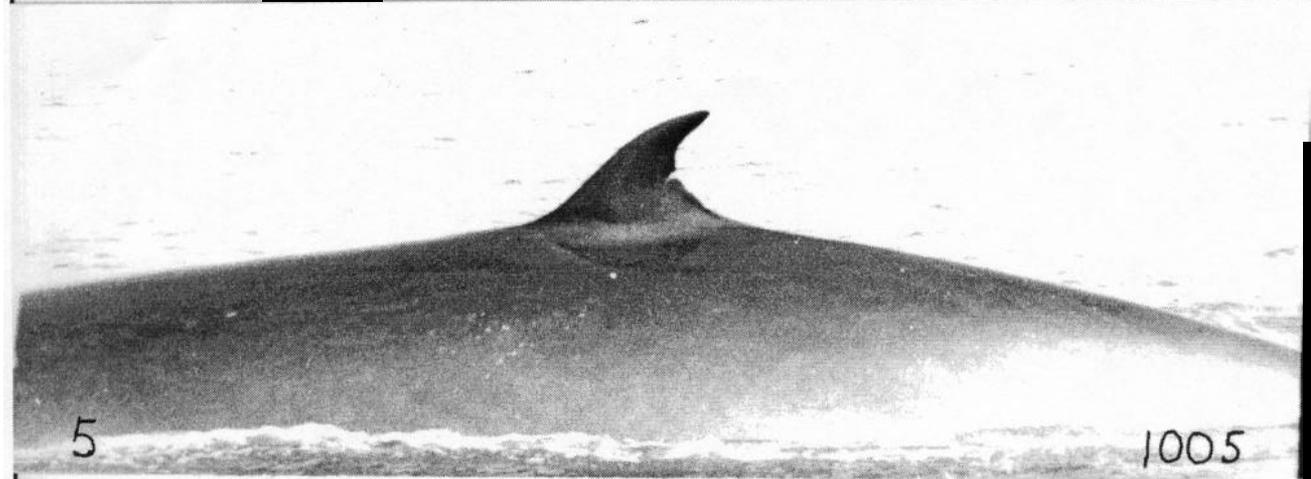
La proporción de la aleta dorsal es calculada a partir de aletas que posean dos o más marcas. Los puntos superiores de las marcas más conspicuas se toman como punto de referencia, siendo A el de la marca más cercana a la punta de la aleta y B la segunda marca considerada de la aleta. Si las marcas son muy similares, se toman las marcas más alejadas entre sí y se establece A y B siguiendo el criterio mencionado.

La aleta dorsal se codifica como la proporción de la distancia entre la marca A y B dividido por la distancia desde B hasta la punta de la aleta.

$$P = \frac{\text{distancia de A a B}}{\text{distancia de B a la punta}}$$

Como Asta es una medida relativa de la proporción de la aleta dorsal, no se ve afectada por el tamaño de la aleta dorsal en el negativo o por el efecto de la ampliación cuando se imprime la fotografía.

ANEXO II

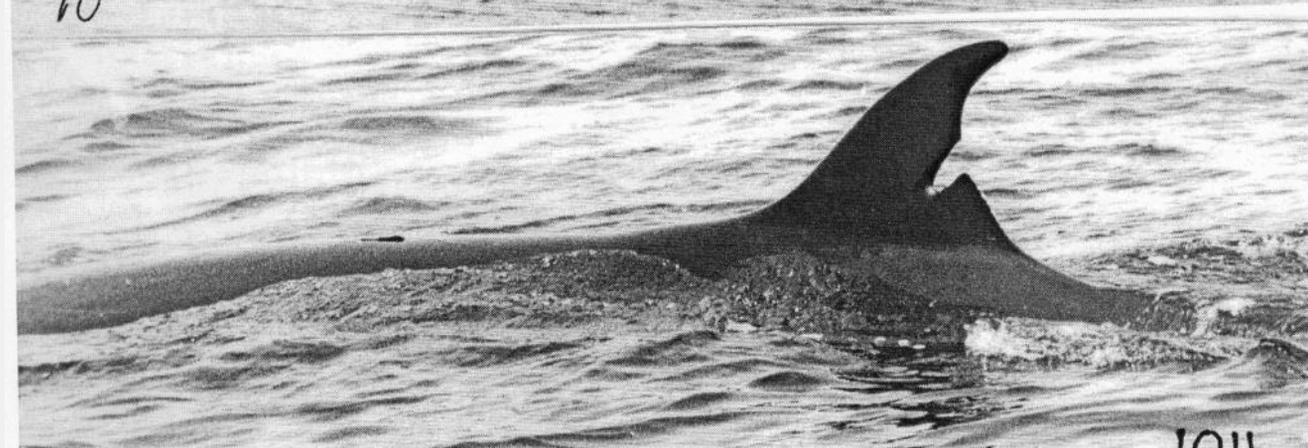






10

1010



11

1011



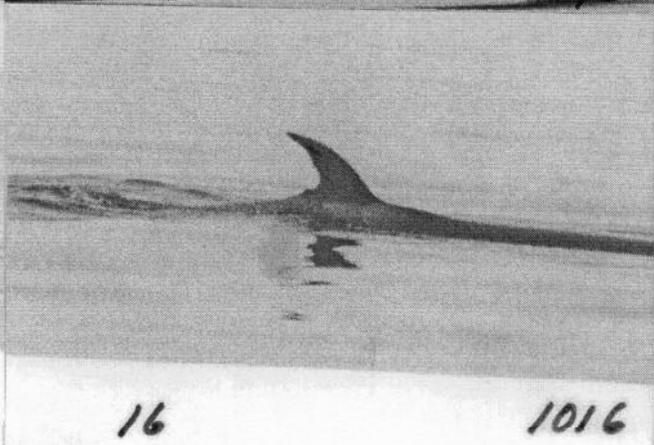
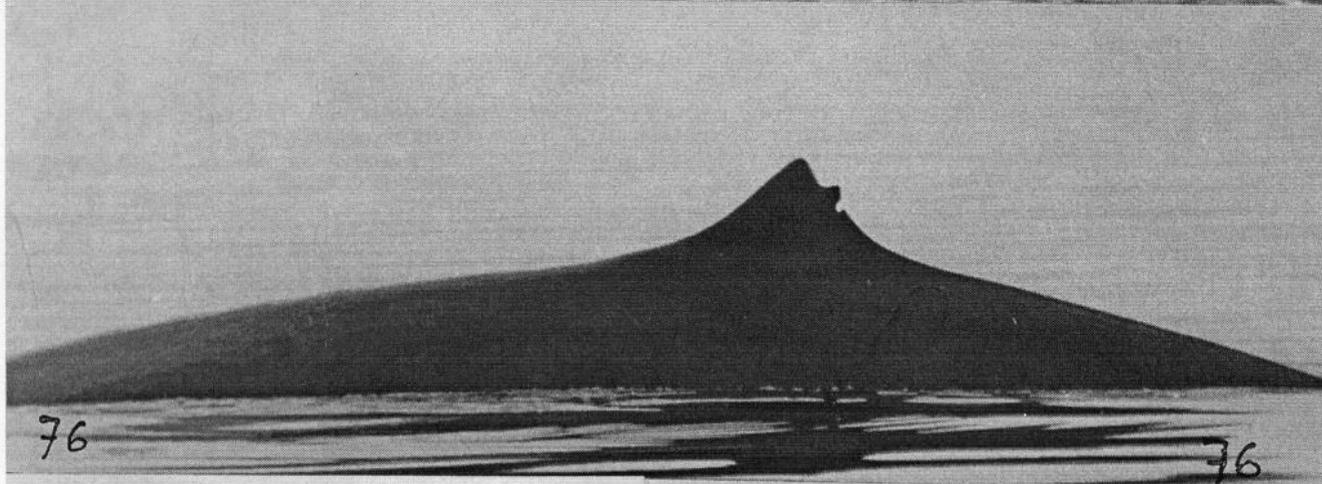
12

1012



15

1015





13

1013

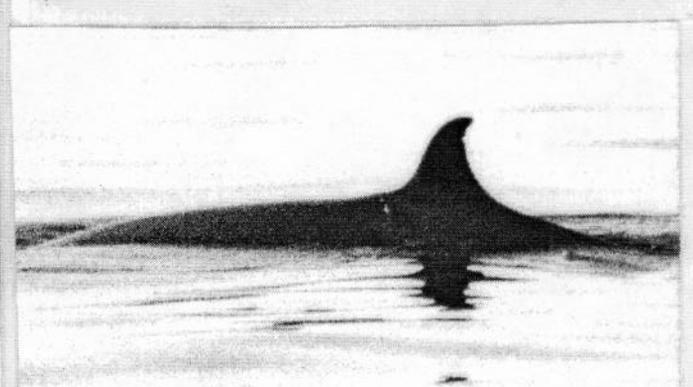


18

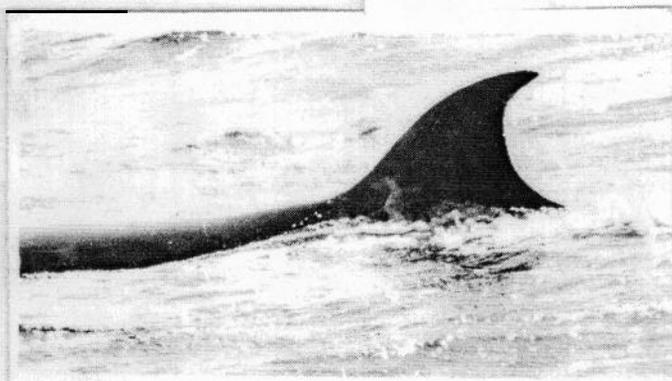
1018



20



31



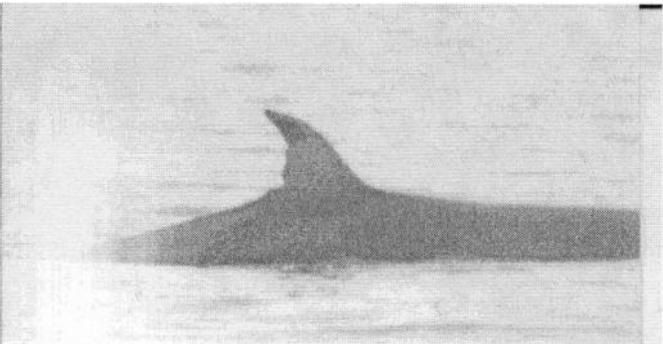
33

1029



26

1025



37

1027



38



67



79

79