

EVALUACION DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES Y SU
RELACION CON LA DISTRIBUCION Y MOVIMIENTOS DE LA
BALLENA GRIS *Eschrichtius robustus* Lacepede 1804 EN LA LAGUNA
OJO DE LIEBRE, B.C.S. MEXICO*

Jaime Alvarado B.**
Jorge Galindo G.
Miguel Iwadane K.**
Rodrigo Migoya B.**
Manuel Vázquez Ph.**

RESUMEN

Se investigó la influencia de los datos del medio ambiente sobre los movimientos y distribución de la ballena gris *Eschrichtius robustus* a lo largo de Laguna Ojo de Liebre. Algunos de los datos del medio ambiente físico-químico de la laguna fueron evaluados. Se encontró una distribución diferencial entre las diversas áreas que poseían características específicas. Existe un flujo posible de observación.

La zona de densidad por unidad de las ballenas mayores coincidió con el sitio en donde la marea afectó mínimamente el paso de las ballenas. El número de ballenas aisladas disminuyó repentinamente.

Se analizaron los movimientos de las ballenas en relación con la hora del día y la marea.

Se concluyó que la dirección en que nada se encuentra bajo la influencia de la marea, aunque la respuesta varía de un canal a otro. Únicamente se pudieron detectar variaciones en los movimientos durante horas distintas en la zona de Boca Laguna.

SUMMARY

Environmental data influence was investigated in Gray Whale *Eschrichtius robustus* movements and distribution along Ojo de Libre Lagoon.

Some of the lagoon's physicochemical environmental data were evaluated. Differential distribution was found among the different areas which had specific characteristics. There is a possible flow along these areas during observation time.

Major whale's density per unit area zone coincided with site where seatide had minimum effect over whale's passage. The number of isolated whales suddenly decreased.

Whale's movements were analyzed in relation to day's time as well as seatide. It was concluded that swimming direction is under seatide influence but the answer differs from one channel to other. Movement's variations at different hours were only noticeable in the "Boca Lagoon zone".

INTRODUCCION

Cada año, la ballena gris *Eschrichtius robustus* se desplaza 8,000 km, aproximadamente, desde sus áreas de alimentación en el Artico hasta las lagunas costeras de Baja California, México. Esta migración le significa un gasto energético enorme, aunque con una gran ventaja evolutiva. Durante el verano, esta especie se alimenta en aguas poco profundas y ricas en bentos, localizadas en los mares de Bering, Chukchi, Okhotsk y aguas adyacentes del Océano Artico. Estos sitios se congelan durante el invierno, interrumpiendo el suministro de alimento a las ba-

llenas, obligándolas a migrar hacia aguas más cálidas, en donde disminuye su gasto energético (Rice y Wolman, 1971).

Por otro lado, la concentración de individuos en zonas relativamente pequeñas, como son las lagunas de Baja California, aumenta la probabilidad de encuentro entre individuos sexualmente maduros, favoreciendo así el potencial reproductivo de la especie. La crianza de los ballenatos representa un gasto energético extra para las madres, el cual podría verse reducido gracias a las altas temperaturas (16-20°C) y tranquilidad de las aguas presentes en estas zonas (para mayor información sobre los pa-

* Título resumido: Movimiento de la Ballena Gris.

** Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.

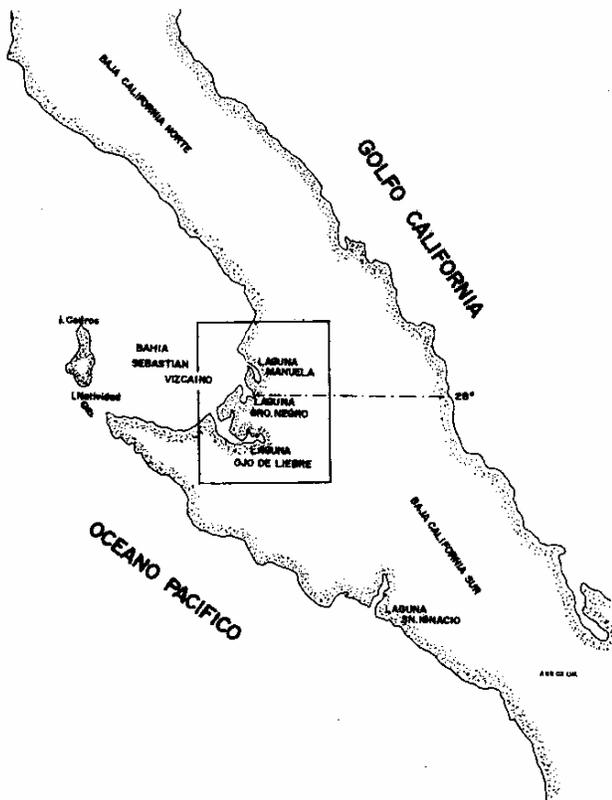


FIG. 1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO.

rámetros oceanográficos de la región de Chukchi, durante el verano, consultar Keiji, 1958).

El conocimiento integral de estas áreas y, especialmente, de sus aspectos ambientales, son necesarios para poder entender la importancia que tienen en la supervivencia de la especie.

De todas las lagunas, la de Ojo de Liebre es la que recibe la porción más numerosa: cuando menos 800 adultos y 400 crías (Fleischer, 1980). Se localiza entre la latitud $27^{\circ}35'$ y $28^{\circ}15'$ N, y la longitud $113^{\circ}50'$ y $114^{\circ}20'$ W. Forma parte de un complejo lagunar que comprende a las lagunas de Guerrero Negro, Ojo de Liebre y Manuela (Fig. 1).

Descripción del Area de Estudio.

La laguna Ojo de Liebre está comunicada con la Bahía Sebastián Vizcaíno por una boca de 3.7 km de ancho, y se extiende aproximadamente 40.2 km tierra adentro (Phleger, 1962). Cubre un área aproximada de 446 km² (Fleischer, 1979) y en su interior se encuentran cuatro islas principales: Conchas, Brosas, Piedras y Choya. La laguna se encuentra situada sobre una base sedimentaria, probablemente del Cretácico y del Terciario, atrapada por un aluvión del Pleistoceno. Los sedimentos son

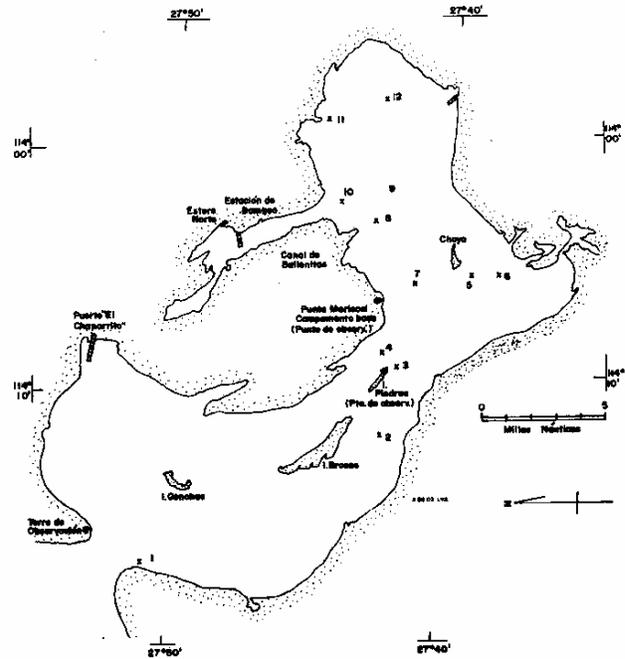


FIG. 2. MAPA DE LA LAGUNA OJO DE LIEBRE, DONDE SE MUESTRA EL SISTEMA DE CANALES, LOS PUNTOS DE OBSERVACION Y LAS ESTACIONES DE MUESTREO.

de arena fina mediana, limo y arcilla (Phleger, 1962).

Desde el punto de vista hidrológico, se caracteriza por ser una laguna de tipo hipersalino, debido a que no recibe ningún afluente de agua dulce y porque sufre un alto grado de evaporación provocado por el viento y la incidencia de los rayos solares. Es por eso que la circulación del agua se comporta de una manera antiestuarina (Groen, 1967; Postma, 1967).

Las fluctuaciones de marea a lo largo del año alcanzan un rango de 2.61 metros con velocidad de corrientes mayores a los 50 cm/seg. Este volumen de agua entrante y saliente provoca la formación de una red de canales cuya recirculación es muy rápida, por lo que difícilmente se da una estratificación de temperatura y densidad (Phleger, 1962). Estos canales tienen diferentes dimensiones lo que provoca que la velocidad de la corriente sea variable, aumentando en los canales más angostos y profundos y disminuyendo en los anchos y bajos (Fig. 2). El clima de la zona, según el sistema de clasificación Köppen es *BWs* (árido seco), cuya evaporación excede a la precipitación, y con régimen de lluvias en invierno (García, 1978). El promedio de precipitación es de 60-90 mm anuales; la temperatura máxima mensual es de 18-25°C y la mínima de 11-20°C. La zona se ve influida por vientos

húmedos provenientes casi siempre del NW.

La laguna presenta características que posiblemente influyan en la distribución y movimientos de las ballenas en su interior.

Se sugiere que las mareas influyen en los desplazamientos de las ballenas en otras lagunas de procreación de Baja California, concretamente en la laguna San Ignacio (Swartz y Jones, 1978), en la laguna Guerrero Negro (Bryant, 1980) y en la bahía Magdalena (Norris *et al.*, 1977). Sin embargo, no se ha podido demostrar estadísticamente que las fluctuaciones de las mareas tengan una influencia directa sobre la distribución y movimientos de la ballena gris en la laguna Ojo de Liebre (Fleischer, 1979; Withrow, 1980).

OBJETIVOS

Los objetivos específicos de este proyecto fueron:

1. Cuantificar los parámetros que caracterizan a la laguna Ojo de Liebre durante el periodo en que es ocupada por la ballena gris, que comprende los meses de enero, febrero y marzo.
2. Determinar la distribución de las ballenas y sus variantes estacionales dentro de esta laguna de procreación, y su relación con la profundidad y ancho de los canales, densidad y visibilidad del agua.
3. Determinar las horas de mayor tránsito y la dirección de las ballenas frente a los puntos de observación (Fig. 2), y su relación con las mareas, la velocidad de la corriente y la profundidad y ancho de los canales.
4. Comparar las variantes en los movimientos estacionales y diurnos de las ballenas en los distintos puntos de observación.

METODOLOGIA

Este proyecto se realizó del 21 de enero al 20 de marzo de 1982, paralelamente al Programa Nacional de la Ballena Gris, dependiente de la Secretaría de Pesca (Fleischer, 1981). Se tomaron registros de parámetros ambientales durante los censos de ballenas en doce estaciones localizadas a lo largo de la laguna (Fig. 2). De esta manera se podía comprobar la existencia de la relación entre los parámetros físico químicos y la densidad de ballenas que se encontraban dentro de la laguna en ese momento.

En cada estación, a bordo de una lancha con motor fuera de borda, se midió la profundidad y visibilidad con un disco de Secchi cuyo cable estaba graduado en escala métrica. Se tomó la temperatu-

ra de superficie y de fondo con un termómetro graduado en grados centígrados, pero como el número de registros fue insuficiente, estos datos no se tomaron en cuenta para el análisis estadístico. También se colectaron muestras de fondo y de superficie, utilizando botellas Van Dorn para las primeras. A las muestras se les determinó la densidad con un densímetro en la escala de grados Baumé.

Los datos de mareas fueron obtenidos de las *Tablas de Predicción de Mareas* (Instituto de Geofísica, UNAM, 1982), para Guerrero Negro, cuya estación se encuentra localizada en el puerto salinero de "Chaparrito", dentro de la laguna Ojo de Liebre (Fig. 2). Dichos datos fueron corregidos para los puntos de observación Isla de Piedras y Punta Mariscal, mediante un mareógrafo que se instaló frente al campamento.

También se registraron los parámetros físicos externos, como temperaturas máxima y mínima, velocidad y dirección del viento, precipitación, humedad relativa y evaporación; tomados de la estación meteorológica de la Exportadora de Sal, S.A., localización en el estero norte del Canal de Ballenitas (Fig. 2).

Los datos poblacionales utilizados se obtuvieron a partir de los censos realizados en el programa nacional, que son de dos tipos: primero, observaciones desde lancha y, segundo, observaciones desde tierra. Para los primeros, la laguna se divide en tres zonas y éstas, a su vez, en transectos; el segundo tipo de censo se lleva a cabo en tres diferentes puntos de observación, uno localizado en la boca de la laguna, otro en la punta este de Isla de Piedras y el último en la Punta Mariscal (para mayor detalle, consultar Fleischer, 1979).

Distribución

Para calcular la densidad de ballenas por unidad de área a lo largo de la temporada, se utilizaron los datos de censo en lanchas y el área de cada transecto mediante la fórmula:

$$\text{Densidad} = \bar{n} / A$$

donde \bar{n} es igual al promedio de ballenas a lo largo de la temporada en un transecto dado y A es igual al área disponible por transecto (el área del transecto = longitud del transecto x 200 m, debido a que la distancia considerada confiable para los censos en botes es de 100 m para el observador de cada lado).

En la obtención de dichos valores se tomaron en cuenta únicamente las nueve fechas con registros completos para toda la laguna.

El cálculo del área disponible por transecto se hizo sobreponiendo hojas de papel milimétrico al mapa de la Exportadora de Sal, S.A. (Feb. 26-80; escala 1:80,000) que abarca a las lagunas Ojo de Liebre, Guerrero Negro y Manuela. Una vez obtenida la equivalencia en la escala milimétrica, se trazaron cuadrantes de las áreas recorridas sin tomar en cuenta las zonas de bajos. De esta manera se cuantificó únicamente el área utilizable para el tránsito de ballenas.

Los datos del área disponible, profundidad y ancho de los canales, densidad en Baumé y visibilidad del agua, fueron promediados para cada transecto (a excepción del transecto [C]). Se compararon contra la densidad de ballenas por unidad de área mediante una matriz de correlación, con un intervalo de confianza de 100 por ciento. Los datos fueron corridos en una computadora con un programa de análisis de varianza.

Movimientos

Para el análisis de los movimientos diurnos y estacionales de las ballenas se utilizaron los datos de censo desde tierra, realizados dos días consecutivos cada semana, del 21 de enero al 12 de marzo de 1982, comparando las diferencias de tránsito de ballenas para cada punto de observación.

Se utilizó un modelo de efectos fijos para determinar estadísticamente la influencia de las mareas, velocidad de la corriente y el tipo de canal sobre el tránsito de las ballenas frente a la Isla de Piedras y en la boca de la laguna.

Las mareas se dividieron en dos fases de velocidad, una lenta y otra rápida, que constan de tres a cuatro horas cada una. El periodo de marea lenta corresponde a los intervalos de cambio de marea, que se caracteriza por el lento desplazamiento de la corriente, mientras que los intervalos comprendidos entre los cambios de marea se caracterizan por presentar la velocidad máxima de la corriente (Fig. 3b).

Para este trabajo, la laguna se dividió en cuatro áreas, debido a que cada una presenta características topográficas que la distinguen de las otras (Fig. 3a). Estas a su vez contienen varios transectos (Figs. 3a, 3b, 4).

RESULTADOS

Parámetros de la laguna.

Los resultados del muestreo realizado en la laguna Ojo de Liebre durante el periodo comprendido entre el 26 de enero y el 10 de marzo de 1982, se muestran en la Tabla 1. Estos datos fueron promediados para cada transecto de la laguna (Figs. 5, 6,

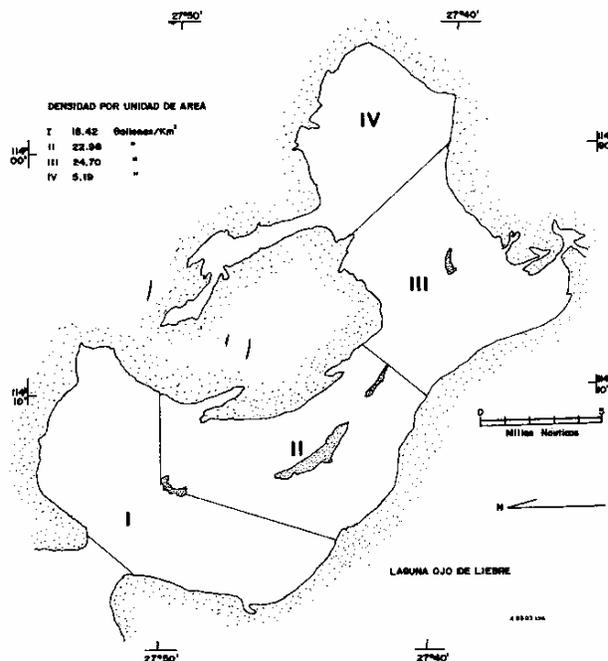


FIG. 3a. AREAS EN QUE SE DIVIDIO LA LAGUNA PARA SU ESTUDIO. SE MUESTRA LA DISTRIBUCION DE LAS BALLENAS POR UNIDAD DE AREA A LO LARGO DE LA TEMPORADA, EN CADA UNA.

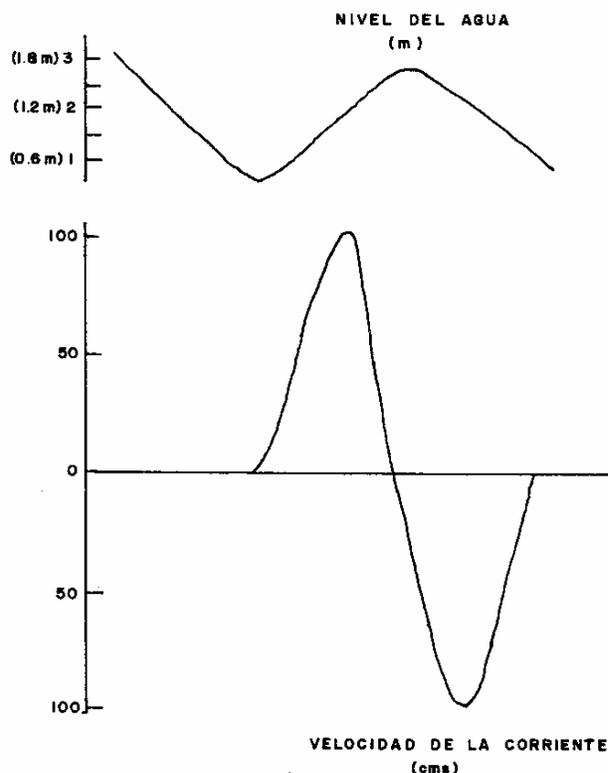


FIG. 3b. REPRESENTACION GRAFICA DE LA RELACION TEORICA ENTRE LA ALTURA DE LA MAREA Y LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE.

TABLA 1. Datos promedio de profundidad y ancho de los canales, área disponible, densidad y visibilidad del agua, para cada transecto de la laguna.

<i>Transecto</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Area Disponible (km²)</i>	<i>Densidad (° Baumé)</i>	<i>Visibilidad (m)</i>
A	12.9	1295	18.11	3.67	3.6
B	15.8	1748	20.56	3.67	3.6
C	00.0	1805	22.43	0.0	0.0
D	16.3	1869	14.42	7.74	6.0
E	8.88	1711	9.61	3.9	4.42
F	14.43	2443	5.91	3.88	5.29
G	13.54	2119	7.8	3.89	4.47
H	13.24	1274	11.13	3.93	4.3
I	16.7	2360	14.71	4.16	4.28
J	10.94	525	2.3	4.14	4.58
K	11.6	675	2.15	4.2	4.0
L	5.54	999	6.11	4.23	4.5
M	5.0	567	3.45	4.23	3.4
N	6.91	628	6.39	4.22	4.12
O	6.09	1351	2.86	4.24	4.31

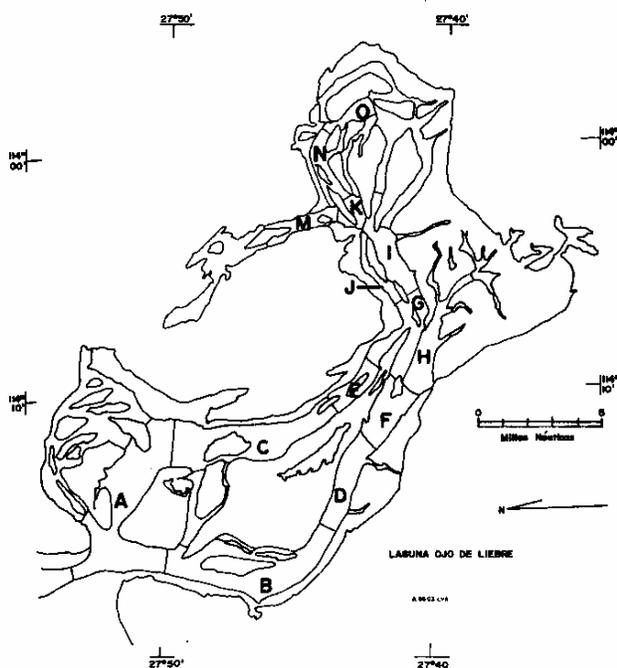


FIG. 4. TRANSECTOS UTILIZADOS PARA LOS CENSOS EN BOTE POR EL PROGRAMA NACIONAL DE LA BALLENA GRIS.

7 y 8).

Los registros de profundidad indican que tanto el área externa como el área media de la laguna, cuentan con canales de 12 m de profundidad; mientras que la zona interna tienen un promedio de 5.8 m. La anchura de los canales se comporta de una manera semejante, siendo más anchos los canales de las zonas externa y media, y más angos-

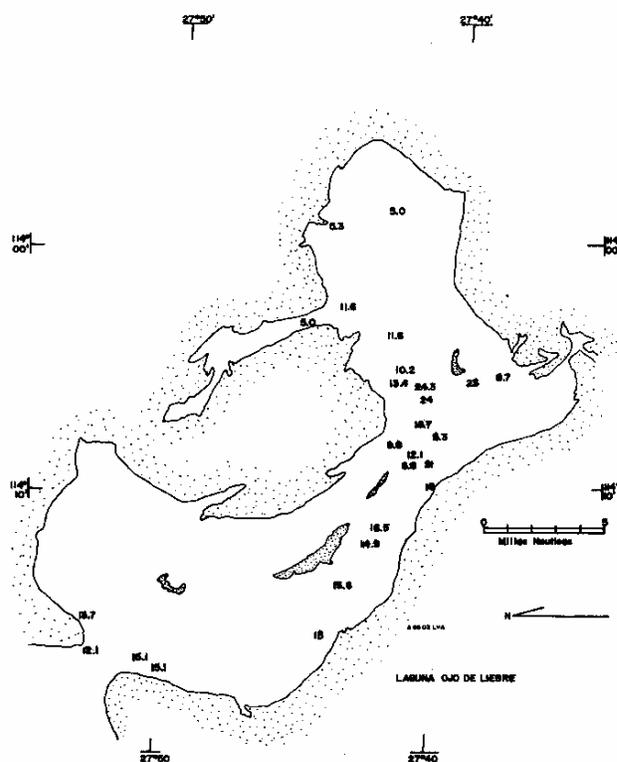


FIG. 5. MAPA DE LA PROFUNDIDAD DE LOS CANALES. SE INDICAN REGISTROS OBTENIDOS DURANTE LA PRESENTE TEMPORADA Y POR PHLEGER, EN 1962.

tos en la interna (como lo muestra la matriz de correlación, Tabla 2).

También se muestra que la densidad de ballenas por unidad de área está posiblemente relacionada

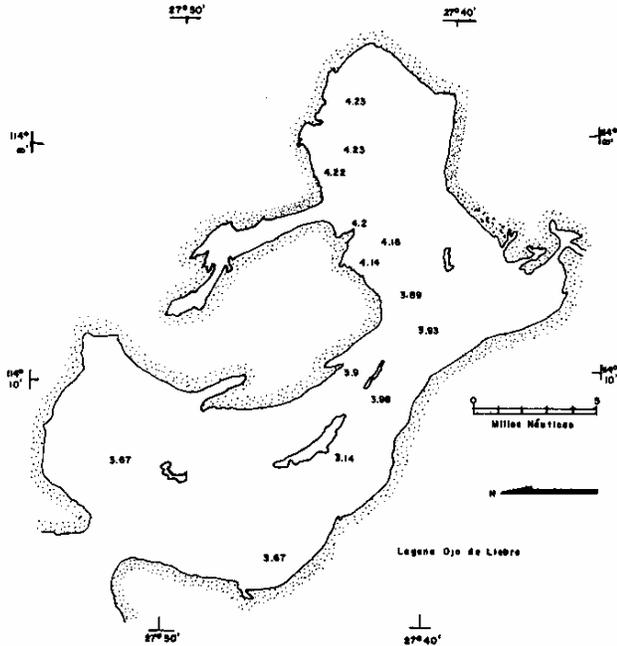


FIG. 6. PROMEDIO DE LA DENSIDAD DEL AGUA EXPRESADA EN GRADOS BAUME, DURANTE LOS MESES DE ENERO, FEBRERO Y MARZO.

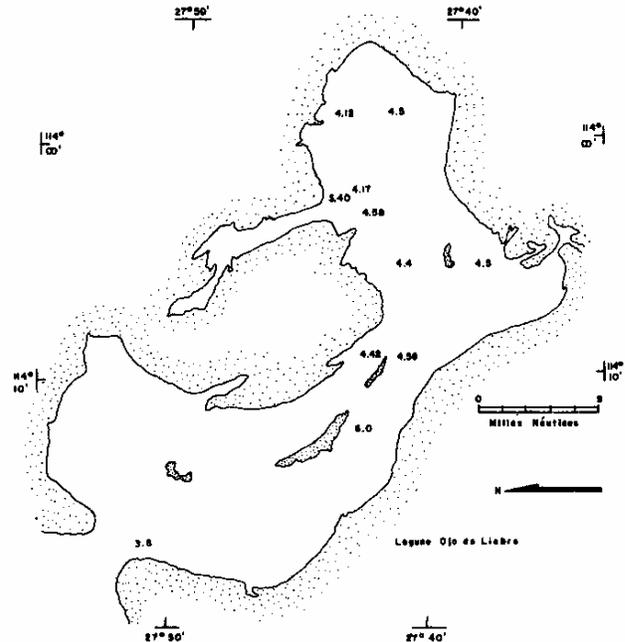


FIG. 7. VISIBILIDAD PROMEDIO, EXPRESADA EN METROS, DURANTE LA TEMPORADA DE LA BALLENA GRIS, 1982.

TABLA 2. Matriz de correlación de la densidad de ballenas por unidad de área, la profundidad y ancho del canal, y la visibilidad del agua. Basada en los datos promediados para cada transecto.

	Area disponible por Transecto (km^2)	Profundidad (m)	Anchura del Canal (km)
Densidad (Ballenas por unidad de área)	0.3358	0.5945	0.6330
Area disponible por transecto	—	0.6479	0.6157
Profundidad	—	—	0.7122
Visibilidad (m)	—	0.2959	0.4799

con el ancho y la profundidad de los canales. Sin embargo, debido al número insuficiente de réplicas, no se puede hablar de la existencia de una verdadera correlación.

Distribución

De los nueve censos simultáneos realizados en lancha, del 26 de enero al 10 de marzo, se obtuvieron un total de 3,969 ballenas, de las cuales 2,790

fueron parejas madre con cría (c/c) (70.3 por ciento) y 1,179 fueron solas (s) (29.7 por ciento). El mayor número de ballenas se registró en la primera semana de febrero (368 c/c y 231 s); resultado similar al obtenido por Fleischer (1979, 1980), para la misma laguna y por Swartz (1978, 1981) para la laguna San Ignacio.

Después de esa fecha, el número de ballenas solas fue descendiendo bruscamente hasta casi desaparecer (Figs. 9 y 10), mientras que el número de

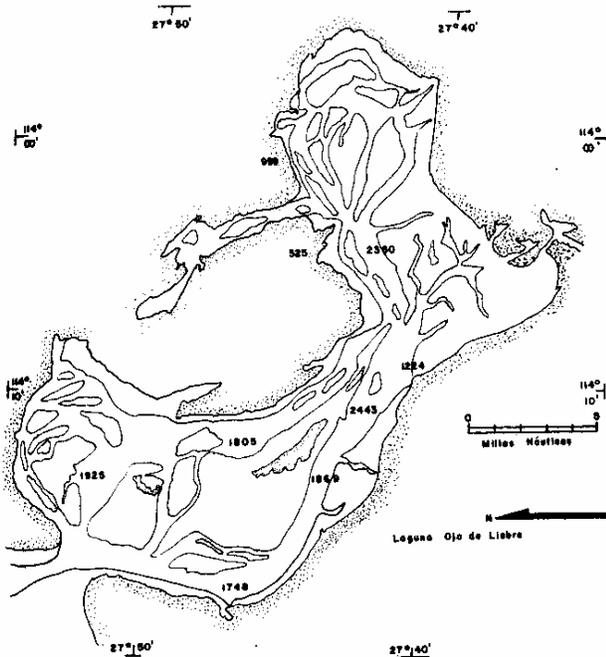


FIG. 8. ANCHURA PROMEDIO DE LOS CANALES RECORRIDOS DURANTE LOS CENSOS EN BOTES (EXPRESADA EN km).

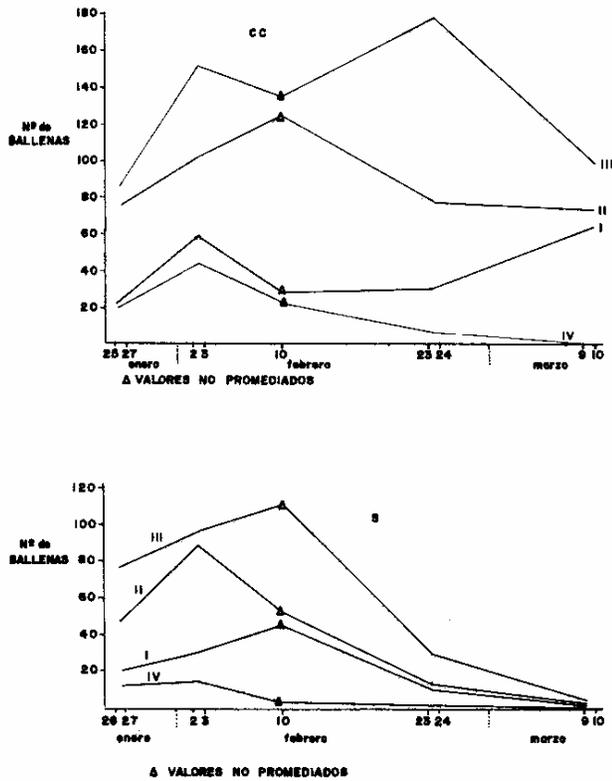


FIG. 9. FLUCTUACION DEL NUMERO DE INDIVIDUOS CON CRIA (c/c) Y SOLOS (s), DURANTE LA TEMPORADA DEL 26 DE ENERO AL 10 DE MARZO, EN LAS CUATRO DIFERENTES AREAS.

ballenas c/c se mantuvo constante del 10 al 24 de febrero, para empezar a disminuir a principios de marzo. En el último censo quedaban 238 ballenas c/c (97.5 por ciento) y seis solas (2.5 por ciento).

De acuerdo con los datos de densidad por unidad de área se encontró, que de las cuatro áreas seleccionadas, el área III siempre tuvo la mayor concentración de individuos con 24.7 ballenas por unidad de área, seguida por el área II con 22.98, el área I con 18.42 y el área IV con 5.19 (Tabla 3).

Los datos de porcentaje reafirman la existencia de un área en la laguna donde se concentra el mayor número de individuos, tanto ballenas c/c como solas (Tabla 3). Esta distribución se conserva durante toda la temporada (Figs. 9, 11 y 12); comportándose diferente a lo que reporta Swartz, (1981) para la laguna San Ignacio, donde a principios de la temporada el mayor porcentaje de ballenas se encuentra en la parte interna; a mediados de

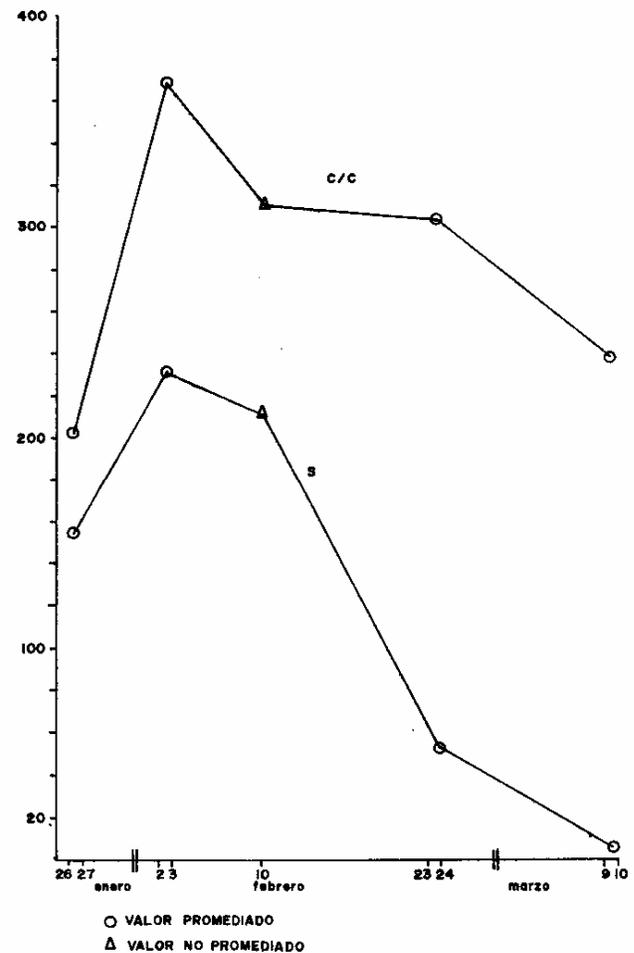


FIG. 10. FLUCTUACION DEL NUMERO TOTAL DE INDIVIDUOS REGISTRADO A PARTIR DE LOS CENSOS EN BOTE EN LA LAGUNA OJO DE LIEBRE.

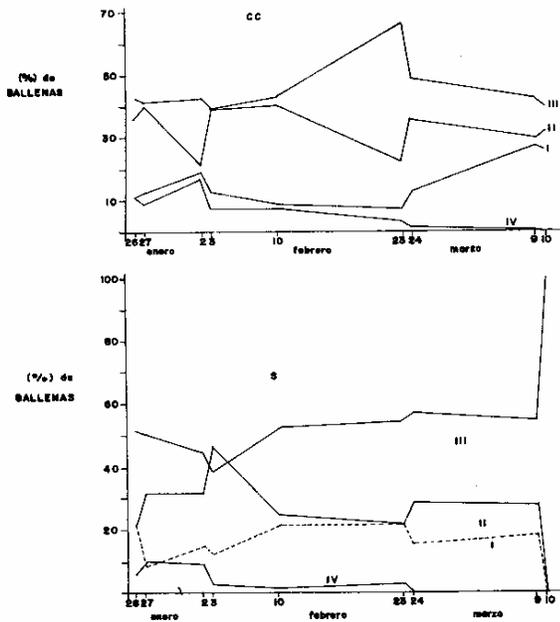


FIG. 11. PORCENTAJE DEL NUMERO DE BALLENAS CON CRÍA (c/c) Y SOLAS (s), A PARTIR DE LOS CENSOS EN BOTE EN LA LAGUNA OJO DE LIEBRE.

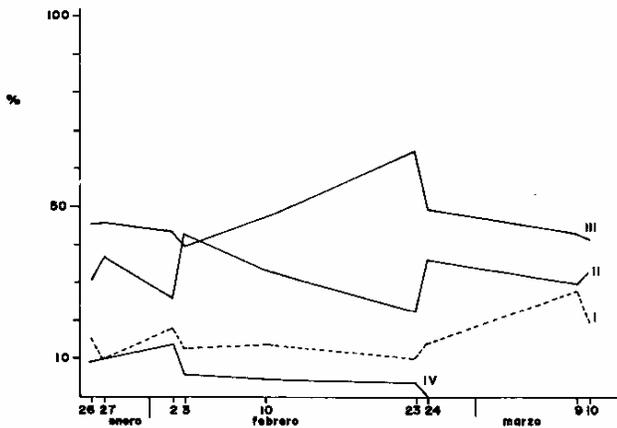


FIG. 12. PORCENTAJE DEL NUMERO TOTAL DE BALLENAS (c/c Y s), REGISTRADO A PARTIR DE LOS CENSOS EN BOTE, EN LAS CUATRO AREAS EN QUE SE SUBDIVIDIO A LA LAGUNA.

la temporada, el porcentaje mayor cambia a la parte externa (Fig. 11). En la Figura 13 se muestra el porcentaje promedio del número total de ballenas registradas a partir de los censos en bote.

Movimientos

Campamento Base. Se censaron un total de 2,574 ballenas en 80 horas de observación durante el periodo comprendido entre el 23 de enero y el

Tabla 3. Densidad de ballenas por unidad de área en cada transecto (c/c = con cría, s = solas).

Transecto	c/c	s	Total
A	11.81	5.45	17.26
B	13.09	5.79	18.88
C	15.80	5.85	21.65
D	16.08	7.26	23.34
E	21.11	8.30	29.41
F	9.00	7.50	16.50
G	42.03	15.47	57.47
H	9.53	3.33	12.86
I	29.66	19.80	49.46
J	6.82	1.65	7.47
K	13.32	5.60	18.92
L	0.35	0.23	0.58
M	6.53	1.47	7.98
N	6.43	2.47	8.90
O	5.36	2.14	7.50

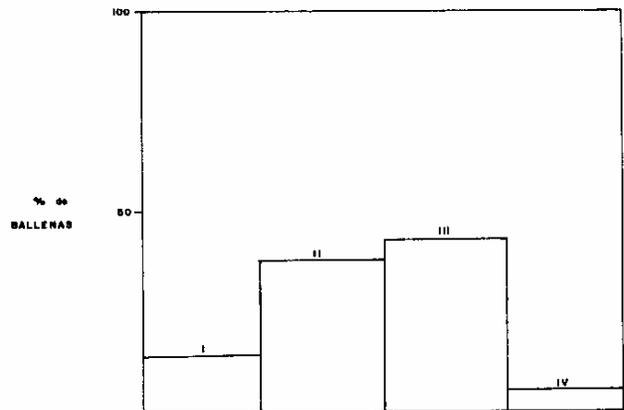


FIG. 13. PORCENTAJE PROMEDIO DEL NUMERO TOTAL DE BALLENAS REGISTRADAS A PARTIR DE LOS CENSOS EN BOTE, EN CUATRO DIFERENTES AREAS.

12 de marzo, obteniéndose una media de 32 ballenas por hora. Este promedio por hora descendió rápidamente hasta el 12 de marzo (ultima fecha de observación) con una media por hora de 10.1 ballenas (Figs. 14 y 15).

El paso de ballenas solas presentó un máximo entre el 23 y el 24 de enero, declinando lentamente hasta casi desaparecer hacia el 12 de marzo (Fig. 16). El número de ballenas con cría aumentó desde la primera observación y alcanzó un máximo entre el 18 y el 19 de febrero, fecha a partir de la cual disminuyó gradualmente el número hasta llegar a una media de 9.8 ballenas por hora.

Durante la temporada se observó una ligera tendencia de las ballenas a nadar hacia el oeste, mientras que el flujo neto durante las distintas horas de

TABLA 4. Porcentaje de ballenas en las cuatro diferentes áreas durante la temporada

Fecha	I	II	III	IV
26.01.82	15.00	30.33	45.67	9.0
27.01.82	9.38	38.06	45.43	9.13
02.02.82	17.37	25.49	43.51	13.64
03.02.82	12,67	42.29	39.21	5.82
10.02.82	13.98	33.91	47.13	4.98
23.02.82	10.00	22.00	64.75	3.25
24.02.82	13.52	35.85	49.69	0.0
09.03.82	27.56	29.53	42.91	0.0
10.03.82	19.07	32.20	41.10	0.0
\bar{x}	= 13.93	37.76	42.63	5.66

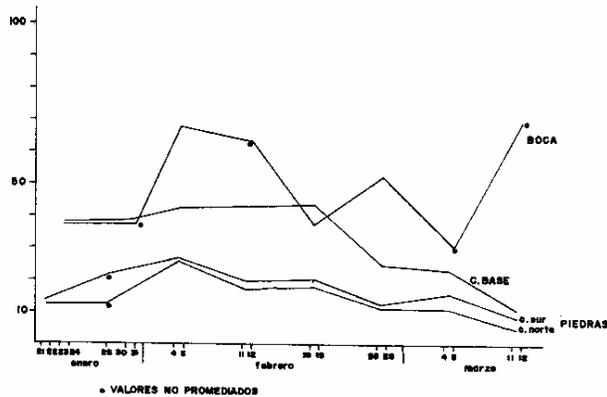


FIG. 14. TRANSITO PROMEDIO POR DIA EN LOS CUATRO PUNTOS DE OBSERVACION DE LA LAGUNA OJO DE LIEBRE, ENTRE EL 21 DE ENERO Y EL 12 DE MARZO.

observación muestra una ligera tendencia a ir hacia el este (Figura 18).

Los movimientos en relación a las mareas (Tabla 5), señalan que el tránsito de ballenas fue ligeramente mayor durante el periodo de observación en que la marea estaba subiendo, con una tendencia a nadar contra la corriente. Durante los días de censo en campamento, las observaciones se interrumpieron de las 11 a las 13 horas; esto provocó que el número de réplicas fuera insuficiente para realizar un análisis estadístico significativo.

Isla de Piedras. Se observaron simultáneamente 105 horas en ambos canales de la isla, con un total de 26 cambios de mareas, 11 de los cuales fueron de marea subiendo y los 15 restantes bajando.

Canal Norte. Se censaron un total de 1,486 ballenas, de las cuales 1,128 fueron ballenas c/c y 358 fueron solas, La media por hora durante la temporada fue de 14.5 ballenas; el máximo tránsito (Fig. 14) se presentó entre el cuatro y cinco de febrero,

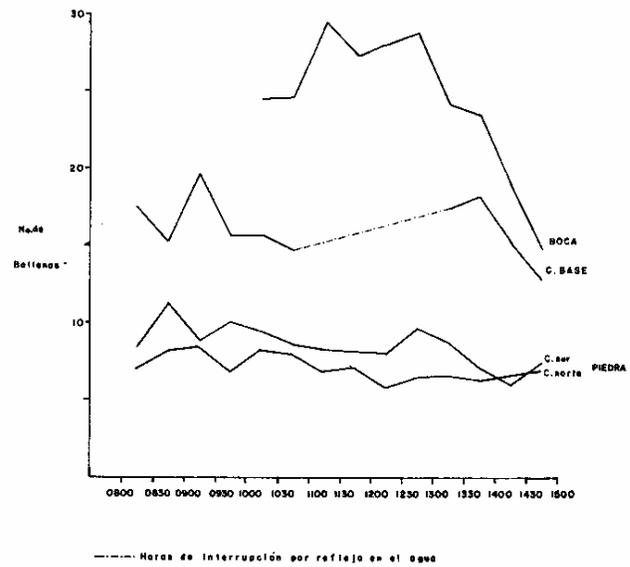


FIG. 15. TRANSITO PROMEDIO POR CADA MEDIA HORA DE OBSERVACION, BASADO EN 105 HORAS DE OBSERVACION EN LA ISLA DE PIEDRAS Y 80 HORAS DE OBSERVACION EN EL CAMPAMENTO BASE, ENTRE LAS 8.00 Y LAS 15.00 HORAS. EN LA BOCA SE OBSERVARON 55 HORAS, INICIANDOSE A LAS 10.00 AM.

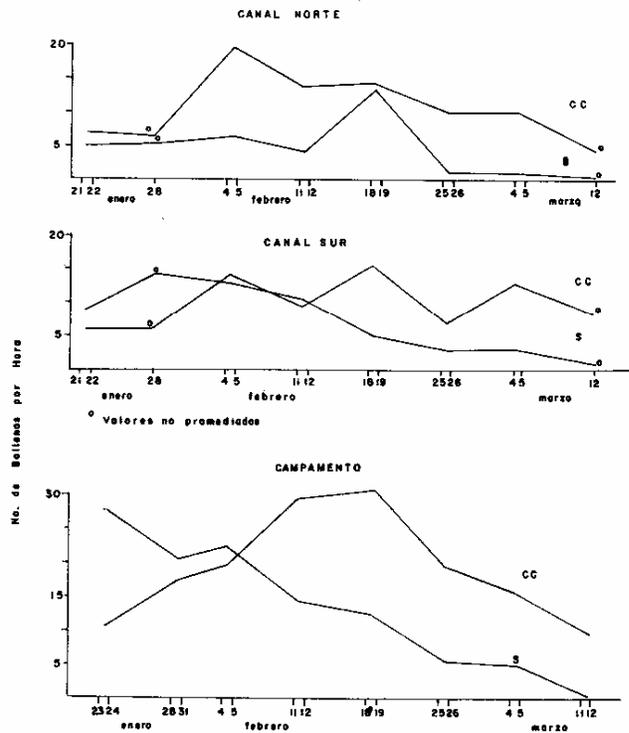


FIG. 16. TRANSITO PROMEDIO DE BALLENAS (c/c) Y (s) PARA AMBOS CANALES DE LA ISLA DE PIEDRAS, BASADO EN 105 HORAS DE OBSERVACION, Y EN 80 HORAS DE OBSERVACION PARA EL CAMPAMENTO BASE.

TABLA 5. Movimientos en relación a la dirección de las mareas del 23 de enero al 12 de marzo (Campamento Base)

Porcentaje de horas de observación	Dirección de la marea	Número de ballenas hacia el E (entrando)	Número de ballenas hacia el W (saliendo)	Total	Porcentaje del tiempo total
43.7	Subiendo (al este) 35 hrs.	580 (45.38 por ciento)	698 (54.61 por ciento)	1278	49.65
55.6	Bajando (al oeste) 45 hrs.	664 (51.23 por ciento)	632 (48.75 por ciento)	1296	50.34
TOTALES	80 hrs.	1244	1330	2574	100.00

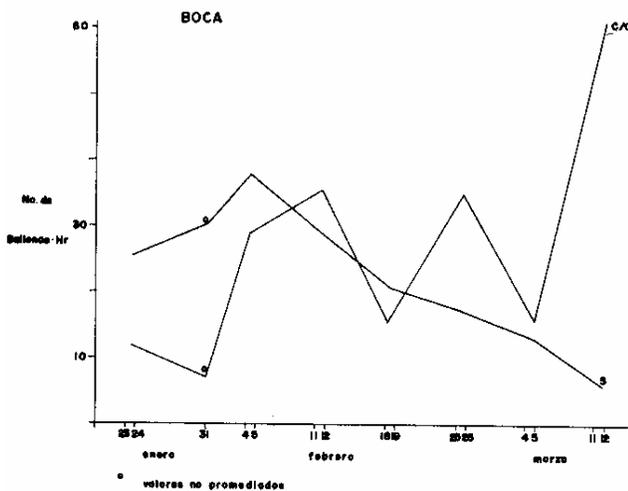


FIG. 17. TRANSITO PROMEDIO DE BALLENAS (c/c) Y (s) PARA LA BOCA BASADO EN 55 HORAS DE OBSERVACION.

con una media de 25.6 ballenas por hora, y disminuyó gradualmente hasta 3.6 ballenas por hora el 12 de marzo. Se registró el mayor número de ballenas con cría los días cuatro y cinco de febrero, y de solas entre el 18 y 19 de febrero (Fig. 16), un mes más tarde que en el campamento base. El tránsito promedio de las distintas horas del día no presentó variaciones considerables (Fig. 15).

Los movimientos en relación a las mareas (Tabla 6), indican que durante las horas de observación no hubo una tendencia global de las ballenas a desplazarse al oeste. La tendencia a moverse en alguna dirección depende del sentido de la marea; cuando la marea baja las ballenas tienden a ir en favor de la corriente, y cuando la marea sube ocurre lo contrario.

Canal Sur. Se contaron un total de 1,795 ballenas, de las cuales 1,034 entraron y sólo 761 salieron. La media de tránsito durante la temporada fue de 17.09 ballenas por hora, valor ligeramente mayor que el obtenido en el Canal Norte.

TABLA 6. Movimientos en relación a la dirección de las mareas del 21 de enero al 12 de marzo (Piedras Norte)

Porcentaje de horas de observación	Dirección de la marea	Número de ballenas hacia el E (entrando)	Número de ballenas hacia el W (saliendo)	Total	Porcentaje del tiempo total
38.5	Subiendo (al este) 40.5 hrs.	219 (42.94 por ciento)	291 (57.0 por ciento)	510	34.32
61.4	Bajando (al oeste) 64.5 hrs.	265 (27.1 por ciento)	711 (72.8 por ciento)	976	65.5
TOTALES	105 hrs.	484	1002	1486	100.00

FIG. 18a. FLUJO NETO PROMEDIO DE BALLENAS QUE PASARON POR HORA FRENTE AL CAMPAMENTO BASE EN CINCO HORAS DE OBSERVACION DIARIA.

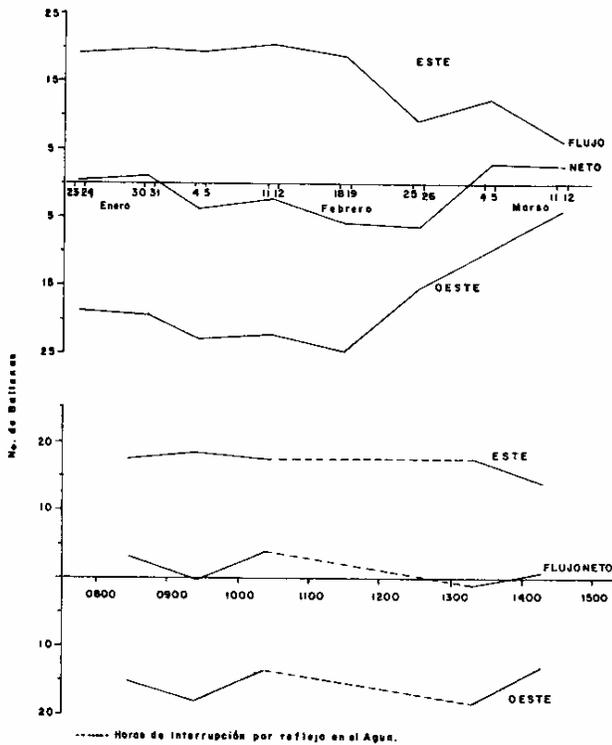


FIG. 18b. FLUJO NETO PROMEDIO DE BALLENAS QUE PASARON POR HORA FRENTE AL CAMPAMENTO BASE, EN UN TOTAL DE 80 HORAS DE OBSERVACION ENTRE LAS 8.00 Y LAS 15.00 HORAS.

El promedio máximo de ballenas por hora se presentó los días 4 y 5 (Fig. 4), con una media de 26.8 ballenas. El número de ballenas solas (Fig. 16) presentó su máximo el 28 de enero, cuatro días más tarde que en el Campamento Base, y para

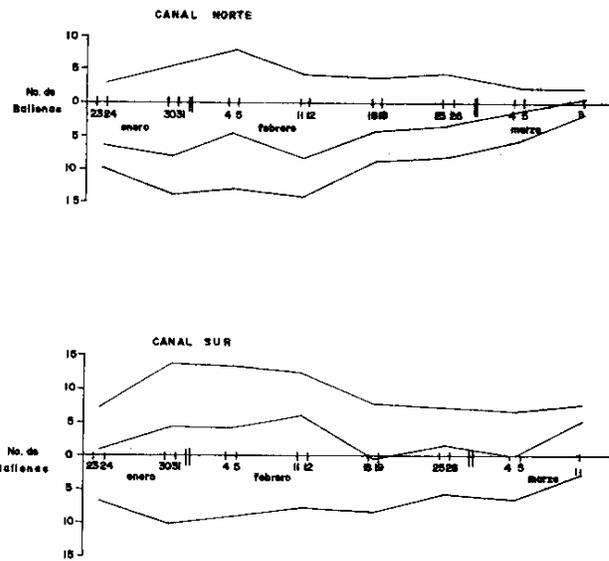


FIG. 19. FLUJO NETO PROMEDIO DE BALLENAS, QUE PASARON POR HORA EN LOS CANALES NORTE Y SUR DE LA ISLA DE PIEDRAS, EN SIETE HORAS DE OBSERVACION PARA CADA FECHA DE CENSAJE.

el día 12 de marzo su número disminuyó hasta 0.2 ballenas por hora. El número máximo de ballenas con cría fue de 15.05/hora entre los días 18 y 19 de febrero, coincidiendo esta fecha con el pico obtenido en el Campamento Base. Los movimientos en relación a las mareas (Tabla 7) indican una preferencia a desplazarse a favor de la corriente cuando la marea subía, y a ir en contra cuando la marea bajaba. Ambos resultados son contrarios a los observados en el Canal Norte.

Los resultados obtenidos para los canales Norte y Sur de Piedras fueron sometidos a un análisis de varianza. La información de las mareas subiendo y bajando fue tratada por separado. Los registros de contingencia, con un total de 12 pérdidas, se

TABLA 7. Movimientos en relación a la dirección de las mareas del 21 de enero al 12 de marzo (Piedras Sur)

Porciento de horas de observación	Dirección de la marea	Número de ballenas hacia el E (entrando)	Número de ballenas hacia el W (saliendo)	Total	Porciento del tiempo total
38.5	Subiendo (al este) 40.5 hrs.	429 (62.9 por ciento)	252 (37.0 por ciento)	681	37.9
61.4	Bajando (al oeste) 64.5 hrs.	605 (54.3 por ciento)	509 (45.6 por ciento)	1114	62.06
TOTALES	105 hrs.	1034	761	1795	100.00

TABLA 8a. Registro de contingencia para marea bajando

B Canales	Norte		Sur		Total
	E	W	E	W	
C Dirección					
Velocidad rápida	42.21	117.11	107.5	92.25	359.07
A Velocidad lenta	51.77	149.55	101.2	89.86	392.38
TOTALES	93.98	266.66	208.7	182.11	

TABLA 8b. Registro de contingencia para marea subiendo

B Canales	Norte		Sur		Total
	E	W	E	W	
C Dirección					
Velocidad rápida	34.44	39.09	68.30	41.35	183.18
A Velocidad lenta	39.99	43.01	109.6	54.66	247.26
TOTALES	74.43	82.10	177.9	96.01	

TABLA 9a. Resultados de la fuente de variación manejados con intervalos de confianza del 99, 97.5 y 95 por ciento, al estar bajando la marea en los canales situados frente a la Isla de Piedras (r = velocidad de la marea rápida, l = velocidad de la marea lenta. N = norte, S = sur, E = este y W = oeste)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo	F		
					F 0.01, 1.88 6.97	F 0.025, 1.88 5.22	F 0.05, 1.88 3.96
A Velocidad r/l	11.56	1	11.56	0.7002	No	No	No
B Canal N/S	9.48	1	9.48	0.5742	No	No	No
C Dirección E/W	222.32	1	222.32	13.4658	Sí	Sí	Sí
AB	26.82	1	26.82	1.6245	No	No	No
AC	7.52	1	7.52	0.4555	No	No	No
BC	413.63	1	413.63	25.0533	Sí	Sí	Sí
ABC	5.15	1	5.15	0.3119	No	No	No
ERROR	1452.94	88	16.57				
TOTAL	2149.42	95					

TABLA 9b. Resultados de la influencia de las fuentes de variación sobre el tránsito de las ballenas, en intervalos de confianza de 99, 97.5 y 95 por ciento al estar subiendo la marea, en los canales que rodean la Isla de Piedras

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo	F		
					F 0.01, 1.48 7.13	F 0.25, 1.88 5.32	F 0.05, 1.88 4.02
A Velocidad	73.32	1	73.32	2.06	No	No	No
B Canal	246.03	1	246.03	6.93	No	Sí	Sí
C Dirección	98.36	1	98.36	2.77	No	No	No
AB	36.4	1	36.4	1.03	No	No	No
AC	15.68	1	15.68	0.44	No	No	No
BC	143.24	1	143.24	4.03	No	No	Sí
ABC	12.39	1	12.39	0.35	No	No	No
ERROR	1704.26	48	35.51				
TOTAL	2329.68	55					

presentan para marea bajando (Tabla 8a), y para marea subiendo, considerando 10 réplicas (Tabla 8b).

Los resultados del análisis de varianza se presentan en las tablas 9a y 9b.

Para marea bajando se obtuvo que la diferencia entre el número de ballenas que se mueven con la velocidad de la corriente rápida en contra de la lenta, no es significativa.

El tránsito total entre ambos canales fue similar. Sin embargo, hubo una preferencia a circular en mayor proporción hacia el oeste. No se encontró que la velocidad influya sobre la dirección del nado de las ballenas, y existen diferencias considerables en nado dependiendo del canal de que se trate. En el canal sur fueron a favor, y en el canal norte en contra. Los mismos resultados se obtuvieron con intervalos de confianza del 95, 97.5 y 99 por ciento.

Marea subiendo. Los resultados se obtuvieron

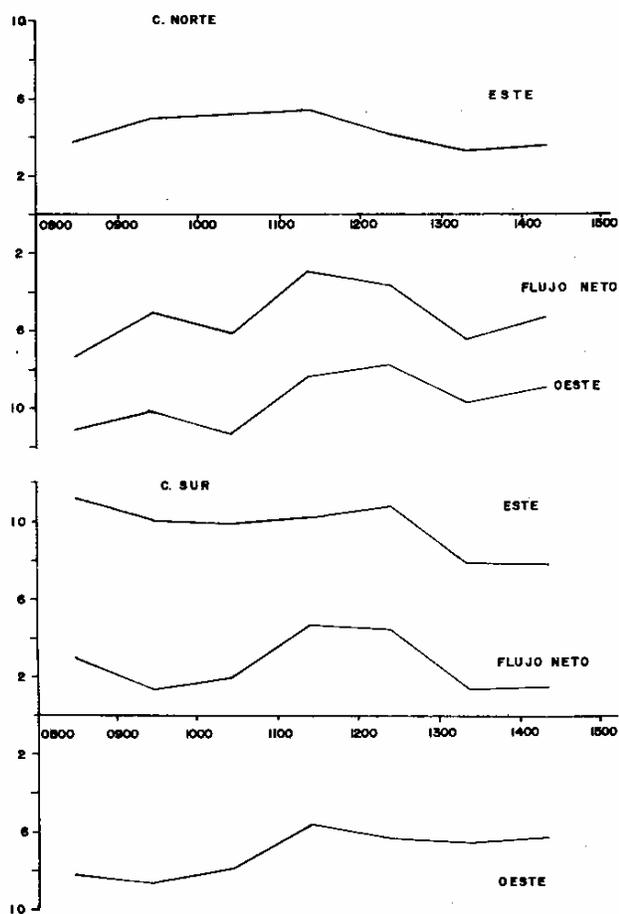


FIG. 20. FLUJO NETO PROMEDIO DE BALLENAS QUE PASARON POR. HORA, EN AMBOS CANALES DE LA ISLA DE PIEDRAS DURANTE 105 HORAS DE OBSERVACION, ENTRE LAS 8.00 Y LAS 15.00 HORAS.

con un intervalo de confianza del 95 por ciento. A diferencia de la marea bajando, el tránsito de los dos canales tuvo valores poco similares, pero no una preferencia global a circular en uno u otro sentido. Sin embargo, un mayor número de ballenas se movió hacia una dirección determinada dependiendo del canal de que se trate. En el Canal Norte un mayor número iba hacia el oeste, y lo contrario sucede en el Canal Sur.

Boca. Se observaron 2,684 ballenas, 1,486 de éstas entraron y 1,498 salieron. La media por hora fue de 48.8 ballenas. Se presentaron dos picos en el tránsito de ballenas: el primero, entre el 4 y el 12 de febrero, con una media de 65.27 ballenas/hora (Fig. 14) que coincide con el pico de ballenas solas y con el primero de los tres picos registrados para ballenas con cría (Fig. 17). El número de ballenas fluctúa y presenta su máximo tránsito el último día del censo. La mayor parte de las ballenas que transitaban en esa fecha fueron con cría, ya que la cantidad de ballenas solas para ese entonces era muy reducida.

Hubo una importante variación en el tránsito de ballenas dependiendo de la hora del día, que no fue observada en el resto de las áreas de la laguna. El tránsito de ballenas, por cada media hora, se incrementó de 24.56 entre las 10 y 11 horas a 29.45 entre las 11 y 11.30; este número disminuye ligeramente la siguiente media hora y vuelve a aumentar a 28 ballenas en cada media hora, entre las 12.30 y 13.00. A partir de ese momento el número disminuye hasta 14.8 ballenas por hora, entre las 14.30 y 15.00 horas.

El flujo neto durante la temporada y durante las horas de observación diurna (Figs. 21 y 22), indican que un número mayor de ballenas se movieron hacia el exterior de la laguna, presentándose un máximo hacia afuera el 12 de febrero con un total de 25 ballenas por hora; este valor disminuyó paulatinamente hasta obtener un número igual de ballenas entrando y saliendo el 12 de marzo.

Se observó durante un total de 55 horas, de las cuales el 77.72 por ciento del tiempo fueron de

TABLA 10. Tabla de contingencia basada en 10 fechas de censo, entre el 28 de enero y el 12 de marzo (Boca)

Dirección (A)	Velocidad (B)		Total
	Rápida	Lenta	
Este (entrando)	178.2	211.49	389.58
Oeste (saliendo)	287.97	307.46	595.43
TOTAL	466.09	518.92	985.01

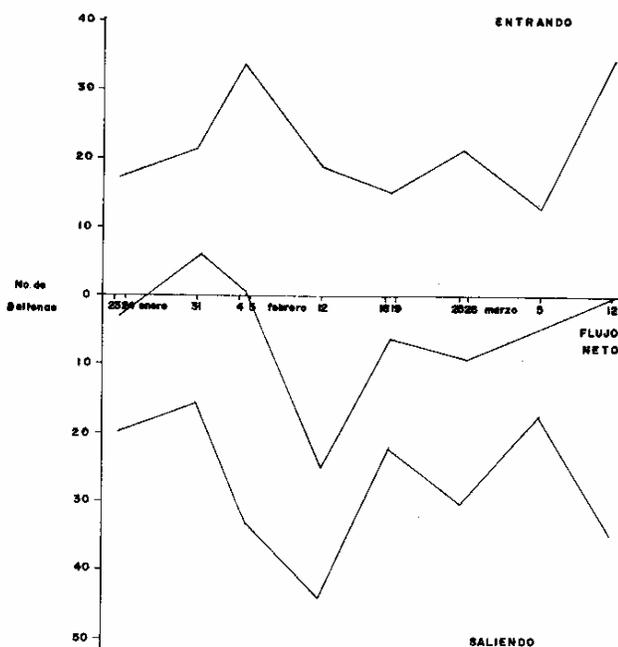


FIG. 21. FLUJO NETO DE BALLENAS QUE PASARON POR HORA FRENTE A LA BOCA EN CINCO HORAS DE OBSERVACION PARA CADA FECHA DE CENSAJE.

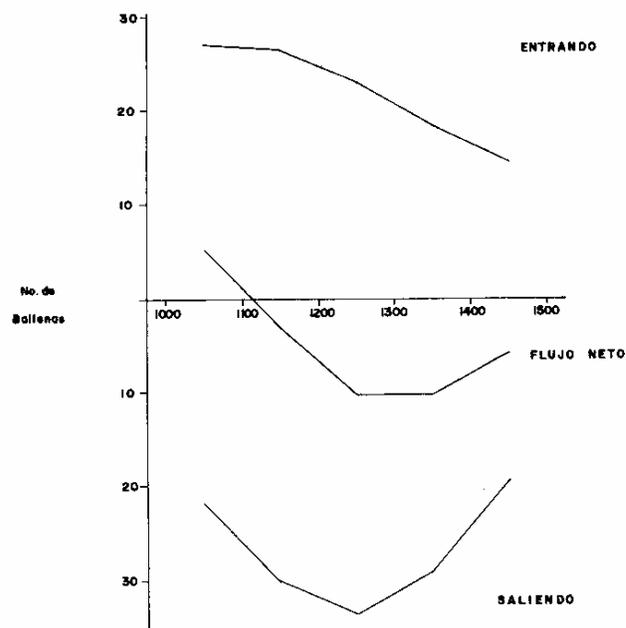


FIG. 22. FLUJO NETO, PROMEDIO, DE BALLENAS QUE PASARON POR HORA FRENTE A LA BOCA; EN TOTAL 55 HORAS DE OBSERVACION, ENTRE LAS 10.00 Y LAS 15.00 HORAS.

TABLA 11. Resultados de la influencia de las fuentes de variación sobre el tránsito, en intervalos de confianza de 99, 97.5 y 95 por ciento al estar bajando la marea, en la Boca de la Laguna

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo	F 0.01, 1.36 7.41	F 0.025, 1.36 5.51	F 0.05, 1.36 4.12
A Dirección	1059.35	1	1059.35	9.75	Sí	Sí	Sí
B Velocidad	69.77	1	69.77	0.64	No	No	No
AB	4.8	1	4.8	0.04	No	No	No
ERROR	3909.45	36	108.60				
TOTAL	5043.37	39					

marea bajando, y el 22.27 restante de marea subiendo. En la Tabla 10 se presenta el tránsito promedio para mareas bajando y subiendo, el cual fue proporcional.

Se observó una tendencia a nadar a favor de la corriente, independientemente de la dirección de la marea. Lo que no se observó en los otros tres puntos de observación.

Se aplicó el modelo de efectos fijos para poder determinar si la diferencia en el tránsito de ballenas que entraban y salían, con marea bajando, era significativo; y para determinar si la velocidad de la marea influía sobre el movimiento.

En la Tabla 11 se muestran los resultados de la influencia de las distintas fuentes de variación en los movimientos de las ballenas, cuando la marea bajaba (en la boca de la laguna).

Los resultados en la boca se obtuvieron con intervalos de confianza del 99, 97.5 y 95 por ciento. Una diferencia considerable se presentó entre el número de ballenas que entraron y salieron. La velocidad de la corriente no influyó en que aumentara o disminuyera el tránsito promedio, así como tampoco tuvo influencia sobre la dirección de las ballenas.

TABLA 12. Comparación de los diferentes parámetros externos durante los meses de enero, febrero y marzo de 1982, con el promedio del mismo trimestre en el periodo de 1961-1981

<i>Precipitación (mm)</i>	<i>Enero</i>	<i>Promedio por años 61-81</i>	<i>Febrero</i>	<i>Promedio por años 61-81</i>	<i>Marzo</i>	<i>Promedio por años 61-81</i>
	3.04	12.11	0.25	18.36	5.34	4.14
<i>Humedad relativa por ciento</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>
Máxima	87	80	90	83	86	82
Mínima	47	45	51	46	49	52
Promedio	67	63	71	65	68	67
<i>Temperatura (° C)</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>
Máxima	20	18	22	20	22	19
Mínima	12	10	14	12	15	13
Promedio	16	9	18	11	19	16
<i>Velocidad del viento</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>		<i>Promedio por años 72-81</i>
Máxima	26.83	27.77	28.8	31.25	31.9	35.69
Mínima	6.45	4.20	7.71	6.22	11.021	8.93
Promedio	16.64	15.98	18.10	18.73	21.48	22.31

DISCUSION

Distribución

Al hacer la correlación entre la abundancia de ballenas y el área disponible del transecto, se obtuvo un coeficiente considerablemente alto (0.6828), que muestra el tamaño del área como un factor relacionado con la abundancia, más no con la densidad de ballenas por unidad de área disponible. Sin embargo, la marcada predilección de las ballenas por el Área III, especialmente de los transectos G e I, parece obedecer a que el ancho y la profundidad de los canales son adecuados para sostener una concentración alta.

Lo anterior sugiere que estos animales buscan internarse en la laguna, preferentemente hacia las áreas que reúnan las características de canales amplios y profundos, pero con aguas más tranquilas que en el exterior.

Otro hecho notable que se aprecia en las Figuras 11 y 12, indica los porcentajes de abundancia por área, donde se ve que en los días en que aumentaba el porcentaje de ballenas en el área III, disminuía en el área II y viceversa. Esto sugiere la existencia

de un flujo continuo entre estas dos áreas. También vemos en estas gráficas que después del 24 de febrero, el porcentaje de ballenas en las áreas II y III comienza a disminuir, mientras que el área I aumenta su población, aunque no de una manera muy notoria. Esto nos podría hacer pensar que las ballenas empiezan a abandonar la laguna.

Movimientos

La dirección del nado de las ballenas parece estar determinada por las mareas en relación a los canales, en la laguna Ojo de Liebre.

Sólo en la boca se observaron diferencias importantes en el tránsito a distintas horas del día, tendiendo un número de ballenas mayor a dirigirse hacia el exterior, pero no pudiéndose determinar si este flujo guardaba relación con las mareas.

Las ballenas en la boca de la laguna presentaron una preferencia a ir en favor de la marea.

Por su parte, en el campamento base, los movimientos en contra de la corriente fueron ligeramente más frecuentes, aunque no lo suficiente para ser significativos estadísticamente. Comparado con el resto de los canales censados, el situado frente a

campamento demostró ser el sitio donde la influencia de las mareas sobre los movimientos fue menor. Esta afirmación se refleja en el flujo neto durante la temporada.

Los canales Norte y Sur de Piedras poseen características topográficas que los diferencian, y que puede provocar que el sentido de la marea influya en distinta forma sobre la dirección del nado. En el Canal Norte, la dirección preferente fue hacia el oeste, quizá para evitar la zona de turbulencia al este de la isla, que se forma como resultado de un angostamiento del canal en el punto en que se une con el Canal Sur. Este último se caracteriza por ser más ancho y profundo que el del Norte, y en él se presenta una diferencia substancial en el tránsito cuando la marea sube, inclinándose el desplazamiento de las ballenas a favor de la corriente. La velocidad de la corriente parece no tener influencia sobre los movimientos, pero sería conveniente registrar en el campo las velocidades para obtener una conclusión más precisa.

Las medias de tránsito difieren en los distintos puntos de observación de la laguna. La boca de la laguna presenta fluctuaciones muy marcadas durante la temporada, posiblemente influidas por el desalojo en las áreas internas. En el campamento base y en Isla de Piedras, se observaron variaciones muy pequeñas en los valores promedio de tránsito. Estos sitios presentan periodos de estabilidad en el número total de ballenas, y su número disminuye paulatinamente.

Parámetros climáticos externos

Al hacer una comparación entre los promedios mensuales de enero, febrero y marzo de 1982, y los mismos meses en los últimos diez años, se observó una diferencia de 3°C para la temperatura máxima (19°C en marzo de 1982) y 7° para la temperatura mínima (9°C en febrero de 1982; Tabla 12).

La precipitación promedio en el primer trimestre de este año fue de 2.88 mm mientras que para el mismo trimestre en el periodo de 1961-1981, fue de 11.4 mm.

En lo que se refiere a los otros parámetros como velocidad y dirección del viento, y humedad, no se registraron cambios notables.

En general, las diferencias entre todos estos factores no fueron muy representativas, por lo que se

puede considerar a ésta como una temporada típica.

CONCLUSIONES

Se demostró la existencia de una zona de mayor concentración de ballenas, con largos periodos de estabilidad poblacional, tanto de parejas madre/balleno, como solas. La densidad alta de esta área se debe, probablemente, a la existencia de una adecuada profundidad y anchura de los canales. Esta zona de mayor densidad se caracteriza, además, por ser la única en la que los desplazamientos de las ballenas no se vieron influidos por la dirección de las mareas.

Durante la presente temporada las ballenas se mantuvieron distribuidas diferencialmente en la laguna, desde la fecha de inicio hasta la terminación de las actividades de censaje.

El número de individuos solos se reduce brusca-mente a mediados de febrero, mientras que el de parejas madre/cría se mantiene estable hasta principios de marzo, cuando empieza a disminuir.

En los movimientos se observó que la dirección del nado, en relación a la marea puede diferir dependiendo de la dirección de la corriente y del canal que se trate.

Las diferencias que se obtuvieron con respecto a otras lagunas de procreación, sugieren que se deben implementar reglamentos particulares para cada una.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la asesoría del Dr. Luis A. Fleischer, del Programa Nacional de Mamíferos Marinos de la Secretaría de Pesca y su interés en la publicación de este trabajo.

También colaboraron el biólogo Federico Cervantes; del mismo Programa La Ballena Gris; los ingenieros Juan I. Bremer, Jesús Flores, y el Lic. Francisco Quintanar, de la Exportadora de Sal, S.A.; los doctores Ramón Riba y Nava Esparza y Sergio Cruz Montalvo, de la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa; los ingenieros Eduardo González y Alvaro Migoya, el Dr. Amelio Aguayo, los biólogos Adrián Valadés y Silvia Manzanilla, así como los señores Enrique López Aguilar e Inocencio Peralta.

BIBLIOGRAFIA

- BRYANT, P. 1980. The Gray Whales of Laguna Guerrero Negro, Whalewatcher, American Cetacean Society, Vol. 14, No. 4, San Pedro, California.

- FLEISCHER, L. A. 1979. Preliminary report on the California Gray Whale survey in Ojo de Liebre lagoon, Baja California, Mexico, College of Fisheries, University of Washington, 55 pp.
1980. Aerial surveys of California Gray Whales in laguna Ojo de Liebre, Baja California, Mexico, 1980. College of Fisheries, University of Washington, 34 pp.
- GRIVEL, P. F. 1981. Tablas de Predicción de Mareas, 1982; Puertos del Océano Pacífico, Sistema Mareográfico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México, Geofísica. 65-79 pp.
- GROEN, P. 1967. Physical hidrology of coastal Lagoons, Lagunas Costeras, un Simposio, Universidad Nacional Autónoma de México, UNESCO 275-280 pp.
- KEIJI, N. 1958. Oceanographic investigation in the Chukchi Sea during the summer of 1958. Scien. Rep. Whales Res. Inst. No. 15, 143-157 pp.
- MONTGOMERY, D. C. 1976. Design and Analisis of Experiments, John Wiley and Sons, New York.
- NORRIS, K., R. M. GOODMAN, B. VILLA-RAMIREZ, and L. HOBBS, 1977. Behaviour of California Gray Whales, *Eschrichtius robustus*, in southern Baja California; México, Fishery Bull, Vol. 75, No. 1, May. 1976.
- PHLEGER, F. B. and G. C. EWING. 1962. Sedimentology and Oceanography of coastal lagoons in B. C. Mex. Bull. Geol. Soc. Amer. 73, 145-182 pp.
- POSTMA, H. 1965. Water circulation and suspended matter in B.C. lagoons. Netherlands, Jour. Sea Res. 2:566-604 pp.
- Chemistry of coastal lagoons. Lagunas costeras, un Simposio, Universidad Nacional Autónoma de México. UNESCO 421-430 pp.
- RICE, D. and A. WOLMAN. 1971. The life history and ecology of the Gray Whale (*Eschrichtius robustus*), The American Soc. Mammalogists. Special Pub. 3, 142 pp.
- RICE, D., A. WOLMAN; D. WITHROW E.; L. A. FLEISCHER. 1980. Gray Whales on the winter grounds in Baja California, Mex. Final Draft, Unpublished Report.
- SWARTZ, S. and M. L. JONES, 1978. The evaluation of human activities on Gray Whales, *Eschrichtius robustus*, in laguna San Ignacio, Baja California, México, final report to U.S. Marine Mammal Comission in Fullfillment of contract MMSAC11, National Technical Information Sistem.
- SWARTZ, S. 1980. Laguna San Ignacio; abundant marine life way support opportunistic feedings by Gray Whales, Whalewatcher, Amer. Cet. Soc., Vol. 14. No. 4, Cal.
- SWARTZ, S. and M.L. JONES. 1981. Demographic studies and habitat assesment of Gray Whales, *Eschrichtius robustus*, in laguna San Ignacio, B. C. México, Cet. Res. Ass. 56 pp.
- WITHROW, A. 1980. Gray Whales in Scammon's Lagoon, Whalewatcher, Amer. Cet. Soc., San Pedro California.