

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS



**CARACTERIZACION DE LOS BUCEOS DE
ALIMENTACION DEL LOBO MARINO *Zalophus
californianus* Y SU RELACION CON VARIABLES
AMBIENTALES EN LA BAHIA DE LA PAZ, B.C.S.**

TESIS

QUE PRESENTA

BIOL. MA. ELENA DURAN LIZARRAGA

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

INDICE

Resumen	i
I. Introducción	1
II. Antecedentes	
i. Aspectos fisiológicos del buceo	2
ii. Metabolismo durante el buceo	3
iii. Las conductas subacuáticas	4
iv. El patrón de buceo de <i>Zalophus californianus</i>	7
v. Espectro alimentario del lobo marino en La Bahía de La Paz	8
vi. Ciclos de actividad	9
vii. Variables ambientales: la temperatura y salinidad	11
III. Justificación	13
IV. Hipótesis	13
V. Objetivo	13
VI. Metas	13
VII. Materiales y metodología	
i. Zona de estudio	14
ii. Instrumentos: TDRs y transmisores VHF	15
iii. Medición de la temperatura	16
iv. Captura, marcaje y colocación del equipo	17
v. Seguimiento de los animales y observaciones de conducta	18
vi. Hábitos alimentarios	18
vii. Recuperación del equipo	18
viii. Análisis de datos	19
VIII. Resultados	
i. Variables ambientales: temperatura y salinidad del agua	23
ii. Hábitos alimentarios	26
iii. Patrón de buceo	31
iv. Trenes de buceo	37
v. Patrones de actividad y descanso	45
vi. Area probable de alimentación	54
IX. Discusión	58
X. Conclusiones	70
XI. Recomendaciones	72
XII. Literatura citada	73
XIII. Listado de Tablas y Figuras	81

**CHARACTERIZATION OF FORAGING DIVES OF THE CALIFORNIA SEA LION,
Zalophus californianus, AND ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL
VARIABLES IN THE BAHIA DE LA PAZ, B.C.S.**

ABSTRACT

To investigate the relationship of foraging **dives** of female California sea lions **with their** feeding **habits** during **the** summer and temperature and salinity of sea water, the **dive** patterns of **two** lactating **females**, one in 1996 and another in 1997, during the breeding **season** in the **rookery** of Los Islotes, B.C.S. were studied. Time and Depth Recorders (TDR's) were **used** to obtain information **on** these variables. Sampling frequency was set at 1/15 Hz. Two foraging **trips** in eight days of **continuous record** were registered in 1996, **with** a total of 1104 **dives**, **while** in 1997, only one foraging trip in six days was recorded, **with** a total of 65 **dives**. In 1996, 85.63% of the **dives** did not **reach** the depth at which the lower **critical** temperature **is** found. This temperature **corresponds** to 18°C in this **species** and it was found at 75 m in 1996, and at 85 m in 1997. The deepest **dive** recorded in both **years** was 164 m. In 1996, 89.92% of the **dives** were **aerobic**, i.e., they did not **reach** the time at which **all** oxygen stores are depleted. The **Aerobic Dive Limit** (ADL) was estimated as 5.45 min and the longest **dive** lasted 15 min. The deepest **dive** recorded in 1997 was 40 m and 95.31% of the **dives** were **aerobic**. ADL was estimated as 6 min and the longest **dive** lasted 8 min. **Dives** were **classified** as **transit**, **exploration**, **shallow feeding**, and **deep feeding**. The latter type was not found in 1997. The feeding **habits** were determined in both years from the identification of hard parts found in fecal samples and the main difference between years was due to the **presence** of cephalopods in 1997. The differences between feeding strategies between individuals and years are discussed in terms of food availability. The **presence** of **daily** rhythms in underwater activity were explored for the female studied in 1996 using **three** different **types** of mathematical analyses. Results from these suggest the **presence** of **daily** rhythms that could be modified by **signals** related to reproduction, feeding and suckling.

CARACTERIZACION DE LOS BUCEOS DE ALIMENTACION DEL LOBO MARINO *Zalophus californianus* Y SU RELACION CON VARIABLES AMBIENTALES EN LA BAHIA DE LA PAZ, B.C.S.

I. INTRODUCCION

Los lobos marinos tienen un sistema de apareamiento poliginico, con dimorfismo sexual **marcado**, **son** gregarios y forman agrupaciones de larga duración (Bartholomew, 1970). La edad reproductora para los machos inicia a partir de los 9 años de edad y estos se aparean en varias ocasiones por un período de 5 **años** aproximadamente; por su parte, las hembras inician a **partir** de los 5 **años** de edad y pueden tener una cría cada temporada reproductiva que es anual (Bartholomew, 1970; Gentry y Kooyman, 1986). Las **crías** tienen una larga dependencia postnatal de las madres, en promedio el destete ocurre al año, aunque se observan juveniles de hasta 3 años mamando. Esta larga relación madre-cría afecta tanto la frecuencia y duración de las salidas de alimentación de las madres; así como la frecuencia y duración de los buceos de alimentación (Gentry y Kooyman, 1986).

La historia de vida de los lobos marinos, así como la de otros otáridos, se ve moldeada por la estacionalidad y la incertidumbre ambiental. El lobo marino de California vive en una zona templada, donde, como carnívoro depende de surgencias o de corrientes oceánicas productivas que le proporcionan alimento a lo largo del año. La estacionalidad en las regiones templadas no es tan marcada y es la incertidumbre ambiental el factor que tiene efectos más profundos en los patrones de historia de vida (Colwell, 1974; Wilbur y **cols.**, 1974). Una fuente principal de incertidumbre es el fenómeno oceanográfico y atmosférico denominado El Niño: Oscilación del Sur que afecta, entre otras cosas, la disponibilidad del alimento.

Debido a la importancia de la temperatura y salinidad del agua en la distribución vertical de los peces (Cushing, 1992), es posible que estos **parámetros** también afecten la profundidad y la duración de los buceos de alimentación de las **madres cuyo gasto** energético se incrementa en esta temporada debido a la **intensa** lactancia.

Adicionalmente, las variaciones entre los primeros 150 m de profundidad de hasta

18°C de temperatura en las aguas de Baja California durante el verano (Aurioies, 1995), pueden significar un posible estrés térmico para los animales buceadores. Se ha propuesto que la temperatura crítica inferior para *Z. californianus* sea de 18°C (Feldkamp, 1986). La temperatura crítica inferior se define como la temperatura ambiente por debajo de la cuál la tasa de producción de calor metabólico de un animal se incrementa por procesos termogénicos para mantener el balance térmico, es decir que se invierte energía extra en el mantenimiento de la temperatura corporal (Bligh y Johnson, 1973; Whittow, 1987).

Dadas todas estas características ambientales, tanto las propias de la columna de agua, como las estacionales e interanuales, las hembras de lobo marino enfrentan durante la crianza una fuerte presión ambiental, por lo que deben desarrollar estrategias adaptativas que les permitan llevar a cabo con éxito la reproducción.

Se definen estas estrategias maternas como la combinación de opciones de comportamiento a corto y largo plazo por las cuales las hembras producen el mayor número de crías destetadas en su vida reproductiva. Las opciones a corto plazo son las que están asociadas con la crianza de un solo joven hasta el destete e incluyen la atención a la cría y la conducta acuática. Las opciones a largo plazo afectan la frecuencia con que las hembras intentan criar y destetar crías. Los términos opción y estrategia se refieren a “respuestas adaptativas moldeadas por selección natural a lo largo del tiempo”, y no implican que los animales tengan conciencia cognoscitiva de sus acciones (Gentry y Kooyman, 1986).

II. ANTECEDENTES

i. Aspectos fisiológicos del buceo

La profundidad a la cual los mamíferos marinos se alimentan y el tiempo que dedican a buscar y capturar sus presas está limitada, en principio por la cantidad de O₂ que tengan almacenado, ya que éste es empleado en el mantenimiento del metabolismo aerobio. Cuando el O₂ se agota, se inician procesos anaeróbicos que producen

incremento de lactato en sangre lo que indica que ha excedido su Límite de Buceo Aeróbico (LBA), que se define como la duración máxima de un buceo sin que haya una producción neta de lactato (Shölander, 1964; Elsner y cols., 1966; Elsner y Gooden, 1983; Kooyman y cols., 1983a; Eckert y cols., 1988; Schümacher y cols., 1992).

Sin embargo, dentro de los límites fisiológicos hay una considerable variedad de estrategias para encontrar y atrapar a sus presas, de tal manera que la profundidad y distribución temporal de los buceos se encuentra directamente relacionada con la distribución vertical y temporal de las presas, así como su disponibilidad determina la distancia horizontal y vertical que tenga que recorrer el animal y por tanto el nivel o cantidad total de actividad locomotora que desarrolle (Kooyman y cols., 1983a; Feldkamp, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Ponganis y cols., 1990; Williams y cols., 1991; Castellini y cols., 1992).

ii. Metabolismo durante el buceo.

La tasa metabólica disminuye durante el buceo y varía conforme a la cantidad e intensidad de las actividades subacuáticas (Whittow, 1987; Kooyman y cols., 1981; Thompson y Fedak, 1993; Hochachka y Guppy, 1987). Los tiempos de recuperación posteriores al buceo están determinados por la velocidad de eliminación del ácido láctico de la sangre (Kooyman y cols., 1980; Elsner y Gooden, 1983; Schümacher, y cols., 1991; Thompson y Fedak, 1993).

El grado de actividad termorregulatoria que requiere un animal homeotermo para mantener una temperatura interna constante se incrementa en los extremos de temperatura externa. A temperaturas moderadas la tasa basal de producción de calor es suficiente para balancear la pérdida al medio. Dentro de este intervalo de temperatura, llamada zona termoneutral, un endotermo puede regular su temperatura ajustando la tasa de pérdida de calor mediante alteraciones en la conductancia térmica de la superficie del cuerpo (Eckert y cols., 1988; Prosser y Heath, 1991). Entre los mecanismos que usan los animales para regular el intercambio de calor entre el medio y ellos mismos son:

1. Conductas: se regula la temperatura del cuerpo mediante patrones complejos de respuestas del músculo esquelético para modificar las tasas de producción o pérdida de calor, por ejemplo: ejercicio o cambio a un ambiente que reduzca el estrés térmico.
2. Control autónomo: se modifican las tasas de producción o pérdida de calor de forma involuntaria: sudor, taquipnea térmica, variaciones en el tono vasomotor y metabolismo basal (Bligh y Johnson, 1973; Prosser, 1986).

Cuando la temperatura disminuye, un endotermo alcanzará eventualmente una temperatura, denominada Temperatura Crítica Inferior (TCI), debajo de la cual, la tasa metabólica basal es insuficiente para balancear la pérdida de calor a pesar de los cambios en conductancia térmica. Bajo estas condiciones se aumenta la producción de calor linealmente conforme al descenso en temperatura, encontrándose éstas temperaturas en la zona de regulación metabólica. El estrés térmico puede definirse como cualquier cambio de temperatura en la relación entre un organismo y el ambiente que, cuando no se compensa por una respuesta de regulación térmica, produce perturbación en el equilibrio térmico (Bligh y Johnson, 1973; Prosser, 1986; Eckert y cols., 1988; Prosser y Heath, 1991).

iii. Las conductas subacuáticas.

Los buceos inicialmente se clasificaron como voluntarios, forzados y exploratorios (Shölander, 1964; Kooyman y Campbell, 1972; Kooyman y cols., 1980; Kooyman y cols., 1981; Kooyman y cols., 1983a). Posteriormente, se relacionaron perfiles de buceo característicos con actividades definidas (Le Boeuf y cols., 1986; Le Boeuf y cols., 1988; Pórganis y cols., 1990; Williams y cols., 1991; Thompson y Fedak, 1993), por ejemplo, en la foca cangrejera, *Lobodon carcinophagus*: los buceos someros se asocian al desplazamiento, los que presentan mayor tiempo en el fondo con la alimentación y los que tienen forma de V se asocian con exploración (Bengston y Stewart, 1992)(Figura 1).

Entre los buceos exploratorios y los buceos de alimentación se han encontrado

TIPOS DE BUCEO

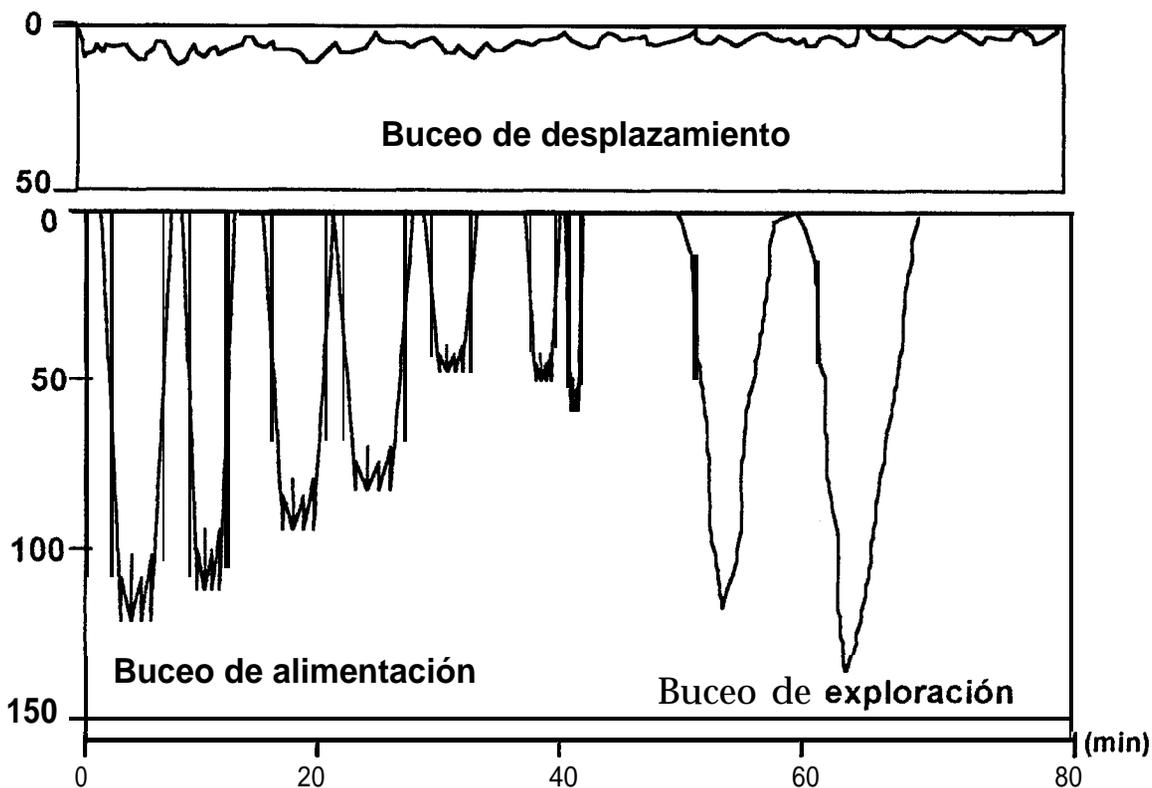


Figura 1. Tipos de buceo de *Lobodon carcinophagus* definidos en términos de la profundidad en metros y tiempo entre el ascenso y descenso de las inmersiones (modificado de Bengston y Stewart, 1992).

diferencias que involucran no sólo la profundidad y duración del buceo, sino también las respuestas cardiovasculares y metabólicas que se presentan. En el buceo exploratorio las respuestas al mismo se muestran típicamente marcadas desde antes de que se inicie propiamente éste, mientras que en el de alimentación la respuesta se presenta de manera progresiva. Cuando se fuerza al animal a entrar al agua, la respuesta al buceo es semejante a la que provocan las inmersiones exploratorias (Shölander, 1964; Elsner y cols., 1966; Kooyman y Campbell, 1972; Kooyman y cols., 1980; Kooyman y cols., 1981; Elsner y Gooden, 1983; Eckert y cols., 1988, Castellini y cols., 1992).

La foca de Weddell, *Leptonychotes weddelli* bucea realizando inmersiones cortas con períodos de recuperación también cortos, así, sólo el 2% de sus buceos exceden el LBA (Kooyman y cols., 1980); los patrones cortos y aeróbicos les permiten aumentar el tiempo que dedican a la alimentación. Los elefantes marinos y las focas grises (Le Boeuf y cols., 1986; Le Boeuf y cols., 1988; Thompson y Fedak, 1993) muestran importantes diferencias en este patrón, ya que del 40 al 50% de los buceos exceden el LBA calculado (Kooyman y cols., 1981; Feldkamp, 1986; Le Boeuf y cols., 1986; Le Boeuf y cols., 1988; Le Boeuf y cols., 1989; Ponganis y cols., 1990; Williams y cols., 1991; Thompson y Fedak, 1993). Estas diferencias podrían explicarse con base en consideraciones ecológicas, energéticas y conductuales y, a su vez, han evidenciado la necesidad de integrar los estudios de fisiología con los de ecología, particularmente con los de las estrategias alimentarias.

Es importante destacar que las mediciones de ácido láctico en la sangre han demostrado que el valor del LBA se ha subestimado, en especial en fócidos, esto obliga a replantear los estudios de energética del buceo. Estos estudios se han visto beneficiados con el desarrollo de nuevas tecnologías como registradores de buceo (**TDRs**: Time Depth Recorders), radio transmisores y receptores VHF; y sistemas automáticos de tomas de muestras sanguíneas; este equipo permite el estudio del patrón de buceo y **monitoreo** de su movimiento, así como los de bioquímica sanguínea, respectivamente (Kooyman y cols., 1983b; Hills y cols., 1985; Gentry y Kooyman, 1986; Cromwell y cols., 1987).

iv. El patrón de buceo de *Zalophus californianus*

Zalophus californianus presenta series continuas de buceos separados por intervalos cortos en los que sale a superficie a respirar, estas series; que están separadas por períodos largos de natación en los que se pueden presentar inmersiones; son los trenes de buceo, encontrándose en ellos el 86% de las inmersiones. La duración de los buceos es de 1.5 a 2.8 min, la profundidad media de 31 a 98 m, la mayor duración 10 min y la mayor profundidad 245 m (Feldkamp, 1986; Feldkamp y cols., 1989). En las Islas Galápagos el lobo marino también presentó buceos en trenes, cuyo intervalo de duración fue de 2 a 6 min, y la profundidad entre 37 a 186 m (Kooyman y Trillmich, 1986). Los otáridos en general muestran un patrón de buceo de este estilo, es decir, con los buceos agrupados en trenes (Gentry y Kooyman, 1986; Gallo-Reynoso, 1994).

Durante los viajes de alimentación, independientemente de la duración que estos tengan, las hembras de *Zalophus californianus* dedican un porcentaje del 12 al 29% al desplazamiento, lo que podría indicar que el tiempo dedicado a alimentarse se incrementa cuando hay mayor desplazamiento (Feldkamp y cols., 1989). El tiempo que las hembras permanecen en tierra no es determinante para que las hembras inicien un nuevo viaje de alimentación, sino la duración del contacto madre-cría (Gentry y Holt, 1986). Otro factor importante de considerar es que la frecuencia de los viajes de alimentación de las madres es más importante para el desarrollo de las crías que la duración de estos viajes o el tiempo de lactancia (Lunn y cols., 1994).

Los grupos de buceos están separados por intervalos en superficie relativamente largos. Un criterio objetivo para establecer el inicio y final de estos trenes se obtiene construyendo una curva logarítmica de supervivencia de los intervalos en superficie entre buceos. El número de intervalos con duración mayor a un tiempo dado (t) se dibuja logarítmicamente en la ordenada contra el tiempo (t) en la abscisa. Esto resulta en una función decreciente monotónica con una pendiente proporcional a la probabilidad de que aparezca un intervalo en superficie en cualquier momento (Fagen y Young, 1978). Un cambio en la pendiente se interpreta como un cambio de probabilidad en la aparición de este intervalo. El primer cambio indica una mayor probabilidad de intervalos de superficie

cortos y se relaciona con la necesidad de reabastecer el almacenamiento de oxígeno entre buceos repetidos. Los intervalos entre el primero y segundo cambio en la pendiente, representan tiempos en superficie menos abundantes entre los buceos. Se escoge el segundo punto como el criterio de fin de buceo. Arbitrariamente se determina un número mínimo de inmersiones que deben incluirse para ser considerado como un tren de buceo (Fagen y Young, 1978; Gentry y Kooyman, 1986; Feldkamp, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Gallo-Reynoso, 1994).

v. **Espectro alimentario del lobo marino en La Bahía de La Paz**

Los lobos marinos se alimentan principalmente de peces aunque también llegan a incluir cefalópodos (King, 1983; Antonelis y cols., 1984). Algunos autores los consideran oportunistas debido a la gran variedad de presas (Antonelis y cols., 1984), aunque los espectros alimentarios indican pocas presas importantes a pesar de la diversidad, lo que sugiere ciertas preferencias (Aurioles, 1988). Las presas pueden determinarse por examinación del contenido estomacal, heces y regurgitados. En las heces su identificación se basa en partes del esqueleto, principalmente otolitos de peces y picos de cefalópodos (Aurioles y cols., 1984; Jobling, 1987).

Las presas que han sido encontradas, para la población en general, con mayor frecuencia e importancia son: *Engraulis mordax*, *Merluccius productus*, *Sebastes* sp., *Trachurus symmetricus*, *Potichthys notatus*, *Scomberjaponicus* y cefalópodos (Aurioles, 1988).

Dentro del Golfo de California, se han llevado a cabo estudios en diferentes loberas, encontrando diferencias en las especies presa de mayor importancia, por ejemplo, en la colonia de descanso del **Racito** la especie más importante fue *Sardinops sagax* (Orta, 1988); en Angel de la Guarda fueron *Diaphus* sp., *Trichiurus nitens* y *Coelorhynchus scaphopsis* (Sánchez, 1992).

En la lobera Los Islotes; dentro de la Bahía de la Paz; los estudios sobre el espectro y hábitos alimentarios han sido principalmente mediante el análisis de heces, aunque también se han reportado análisis de contenido estomacal y regurgitados

(Auriolles y cols., 1984; García-Rodríguez, 1995; Orr, 1998). Las presas de mayor importancia encontradas en 1984 fueron *Aulopus*, *Protonogrammus* y *Neobhytes*, y en 1995 fueron *Protonogrammus eos*, *Protonogrammus multifasciatus*, *Porichthys notatus* y *Aulopus bajacali* (Auriolles y cols., 1984; García-Rodríguez, 1995, Orr, 1998).

Los estudios relacionados con las velocidad de digestión de esta especie indican un tiempo inicial de defecación de 5 hrs. Este lapso es el que tarda en recorrer una porción de alimento el tracto digestivo (Prime, 1979; Helm, 1984). El tamaño y la composición calórica del alimento son variables con gran importancia en la determinación de este tiempo, así mismo entre los factores que lo modifican se encuentra el sobrecalentamiento (por pérdida de agua), la actividad y la disponibilidad de alimento (Helm, 1984).

vi. **Ciclos de actividad**

Los lobos marinos son animales activos durante todas las horas del día y la noche, aunque no se observan preferencias por la actividad acuática nocturna, diurna o vespertina, hay un ligero aumento en la frecuencia de buceo durante el amanecer y el anochecer (Feldkamp, 1986). Sin embargo, se conoce un patrón diario en el número de lobos marinos encontrados en la lobera Los Islotes: pocos animales en la mañana, un máximo durante el mediodía y una disminución en la tarde (Auriolles, 1988; Croll y cols., 1993). En esta lobera, un patrón semejante de actividad en juveniles también se ha descrito (Orr, 1998).

En los lobos finos de Galápagos y Sudamérica se han encontrado no sólo ciclos diarios de actividad, sino también relacionados con ciclos lunares ya que se encuentra un mayor número de animales presentes en tierra cerca de la luna llena y un mínimo durante la luna nueva (Trillmich, 1986; Renouf, 1991).

bebido a la relevancia para muchos procesos sociales y ecológicos los presupuestos de tiempo/actividad requieren más estudios que permitan una mejor comprensión de los mismos. Estos estudios tienen la ventaja de ser relativamente sencillos de elaborar mientras se cuente con unidades de conductas claramente definidas,

así como con muestras independientes. La **mayoría** de estos estudios se basan en observaciones terrestres y gracias al desarrollo de la telemetría se han obtenido grandes avances de la conducta en el mar (Feldkamp, 1986; Gentry y Kooyman, 1986; Le Boeuf, 1988) aunque la estimación de los presupuestos ha sido poco estudiada (**Renouf**, 1991).

Los ritmos diarios pueden tener un origen en los ritmos circadianos, los cuáles son de origen endógeno y son un tipo de ritmo biológico que expresan la organización temporal de los procesos fisiológicos y de conductas para una óptima adaptación al medio ambiente. Las variaciones rítmicas que tienen correlación con fenómenos geofísicos presentan períodos fijos y son relativamente resistentes a cambiar su frecuencia ante fármacos o temperatura. Un ritmo biológico se puede definir como la variación recurrente de una función biológica en el curso del tiempo. Los ritmos circadianos, cuya periodicidad fluctúa alrededor de 24 hrs, han sido los más estudiados. Una importante característica es su plasticidad ante la presencia **de** un sincronizador externo. El sincronizador ambiental más poderoso, tanto para animales como para los vegetales, es el ciclo de luz - oscuridad, al que se suman, en mamíferos, factores sociales y ambientales. Otro tipo de sincronizadores, como disponibilidad de alimento, ruido o temperatura afectan significativamente a los ritmos circadianos en muchas circunstancias. En los mamíferos el oscilador maestro sobre el que actúan los sincronizadores de forma más o menos directa, se encuentra en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo (NSQ)(Golombek, 1997; Granados y **cols.**, 1997).

En los mamíferos el sistema circadiano está compuesto por:

1. Fotorreceptores acoplados a las vías que median la sincronización del (los) marcapaso(
2. Estructuras marcapasos que generan la señal circadiana.
3. Vías eferentes desde los marcapasos a los sistemas efectores.

La **eferencia** fundamental de los NSQ es hacia otros núcleos del hipotálamo (núcleo paraventricular, ventro y dorsomediano, **hipotálamo posterior**), al rafé, al tálamo y al área preóptica (Golombek, 1997; Granados y **cols.**, 1997).

El ambiente geofísico presenta diversas variaciones cíclicas que afectan a los

organismos, por lo que la ritmicidad biológica no manifiesta su oscilación espontánea ya que los diversos ritmos están sincronizados y significa que el período endógeno y la fase del oscilador se ajustan al período y la fase del estímulo cíclico externo. Su importancia radica en que existe un ajuste del tiempo biológico con el geofísico.

De acuerdo con Pittendrigh (1993), la sincronización provee a los relojes biológicos de un mecanismo por el cual los seres vivos son capaces de reconocer la hora local, propiedad sin la cual los relojes biológicos no tendrían capacidad adaptativa. La organización del sistema circadiano explota la confiabilidad del día externo como señal de referencia temporal y cuyo objetivo es una secuencia apropiada de diversos eventos internos más que la concurrencia de eventos internos y externos (Pittendrigh, 1993).

vii. **Variables ambientales: la temperatura y salinidad.**

Entre las variables ambientales que se conoce que afectan de forma más importante a los animales marinos se encuentran la temperatura y la salinidad ya que son responsables de las características fisicoquímicas del agua (Sverdrup y cols., 1940; Friedrich, 1973). La temperatura modifica procesos metabólicos como actividad y movilidad e incluso llega a afectar a ciertos caracteres morfológicos, como número de vértebras y rayos de las alneas, las que regularmente se incrementan cuando desciende la temperatura (Amezcuca, 1996). En los peces adultos en particular llega a tener importante influencia en funciones de crecimiento, reproducción y parámetros ecológicos como diversidad, distribución y abundancia y concentración del alimento (Cushing, 1992). La salinidad en general, presenta variaciones pequeñas dentro del **océano**, aunque en la zona costera, sobre la plataforma, pueden ser de cierta magnitud y definir, en algún momento, movimientos migratorios de las poblaciones de peces. Frecuentemente, los cambios en ambas variables indican cambios de masas de agua. Para evidenciar dichos cambios, las variables se llevan a una gráfica para una región de profundidad determinada, cuando se tiene una masa de agua **homogénea** se encuentra un perfil característico T-S de la masa de agua (Sverdrup y cols., 1940; Friedrich, 1973; Weihaupt, 1984; Amezcuca, 1996).

La Lobera Los Islotes se encuentra en una zona caracterizada por variaciones estacionales de temperatura, que decrecen rápidamente con la profundidad, de manera que es posible observar diferencias hasta de 18° C entre la superficie y 150 m (De la Lanza, 1991; Auriolos, 1995). La salinidad superficial es relativamente alta y presenta variaciones mínimas estacionales.

Las masas de agua que influyen la zona de la boca del Golfo de California, donde se ubica la lobera son:

1. Fría de la Corriente de California, cuyo flujo es hacia el sur a lo largo de la costa oeste de la península de Baja California. Salinidad menor a 34.5 o/oo, temperatura entre 12 y 18°C.
2. Templada del Pacífico oriental, con salinidades intermedias (34.5 - 34.85 o/oo), que fluye desde el sureste hacia el norte del área.
3. Agua del Golfo de California, con salinidad mayor a 35 o/oo y temperatura mayor a 12°C.

Subsuperficialmente, en forma sucesiva y de acuerdo con la profundidad se encuentran:

1. Agua de subsuperficie subtropical con salinidad entre 34.5 y 35 o/oo y temperatura entre los 9 y 18°C. Probablemente resultado de la mezcla de agua superficial de la Corriente de California modificada y de agua superficial tropical, también modificada.
2. Agua intermedia antártica, caracterizada por una mínima concentración de salinidad (34.55 o/oo), ubicada en las partes más profundas.
3. Agua del fondo del Pacífico con salinidad mayor a 34.5o/oo y temperatura menor a 4°C (Cano, 1991; Lavín y cols., 1997).

III. JUSTIFICACIÓN

El estudio de los patrones de buceo de las hembras adultas de *Zalophus californianus* permitirá entender de manera integral las conductas subacuáticas de estos animales, las adaptaciones al buceo y las estrategias alimentarias para optimizar los recursos energéticos disponibles a lo largo de la temporada reproductiva. La información generada sobre el patrón de buceo se puede interpretar en términos de la disponibilidad del alimento ya que algunos de ellos podrían estar asociados a períodos de baja o alta disponibilidad alimentaria.

IV. HIPÓTESIS

Debido a la alta demanda energética de las crías del lobo marino, cuyo crecimiento en promedio es de 170 gr. diarios, se espera que las hembras optimicen su estrategia de buceo, dedicando un mayor tiempo a la alimentación y reduciendo el gasto energético derivado de esta actividad.

V. OBJETIVO

Relacionar los buceos de alimentación con los hábitos alimentarios durante el verano, así como con la temperatura como factor crítico.

VI. METAS

1. Caracterizar los buceos de desplazamiento, alimentación y exploración durante los viajes de alimentación.
2. Calcular la proporción de tiempo dedicado a cada actividad y su variación a lo largo del día.
3. Determinar los hábitos alimentarios durante el período de estudio mediante el análisis de excretas.
4. Determinar la relación entre la temperatura y los buceos de alimentación.
5. Interpretar la actividad de buceo, hábitos alimentarios, **temperatura** y salinidad del agua en términos de la disponibilidad de las presas que forman parte del espectro alimentario.

VII. MATERIALES Y METODOS

i. Zona de Estudio.

El estudio se realizó en la lobera Los Islotes, que es una isla volcánica de 250 m², localizada en los 24°35' N y los 11 0°23' W, dentro de la Bahía de La Paz, B.C.S. (Figura 2) y el área circunvecina hasta 1 milla náutica como radio externo y 240 m de profundidad.

ii. Instrumentos: TDRs y transmisores VHF

El modelo básico del TDR descrito por Kooyman en 1983 ha sido mejorado **contínuamente** y con el desarrollo de los microcircuitos y las tarjetas convertidoras **analógico/digitales**. El registrador de buceo que se empleó en este estudio es el **Mk3e**, de la Wildlife Computers, con 1 Mb de memoria, que registra la profundidad y el tiempo real; tiene dos canales de profundidad, O-125 y O-500 m, con una resolución de 0.5 m, a una frecuencia de muestreo de 15 seg. (Hill y cols., 1985; Cromwell y cols., 1987; Wildlife Computers **Manuals**, 1996).

Los transmisores VHF se diseñaron con el objeto de seguir a mamíferos terrestres, se sujetan al animal y emiten una señal acústica pulsátil que es recibida en un radio portátil para VHF, que ha sido previamente calibrado en la longitud de onda del transmisor. Los transmisores empleados en este estudio fueron del tipo estándar modelo 5902 de 3 voltios, de la ATS. Los registradores de buceo y los transmisores VHF fueron colocados en cilindros de fibra de vidrio de modo que flotaran en caso de desprenderse de los animales y pudieran ser localizados con los transmisores VHF a través del receptor y antenas fijas y portátiles de ATS.

iii. Medición de la temperatura y salinidad del agua.

‘Para medir la temperatura y salinidad del agua se utilizó un CTD Interocean S4. En 1996 se trabajó en dos estaciones de muestreo alrededor de Los Islotes. La primera estación se localizó rumbo a El Bajo (24° 36.70' N; 11 0° 24.22' 0) y la segunda rumbo a San Francisquito (24°36.89' N; 110°24.53'O), ambas a una milla de distancia de la lobera.

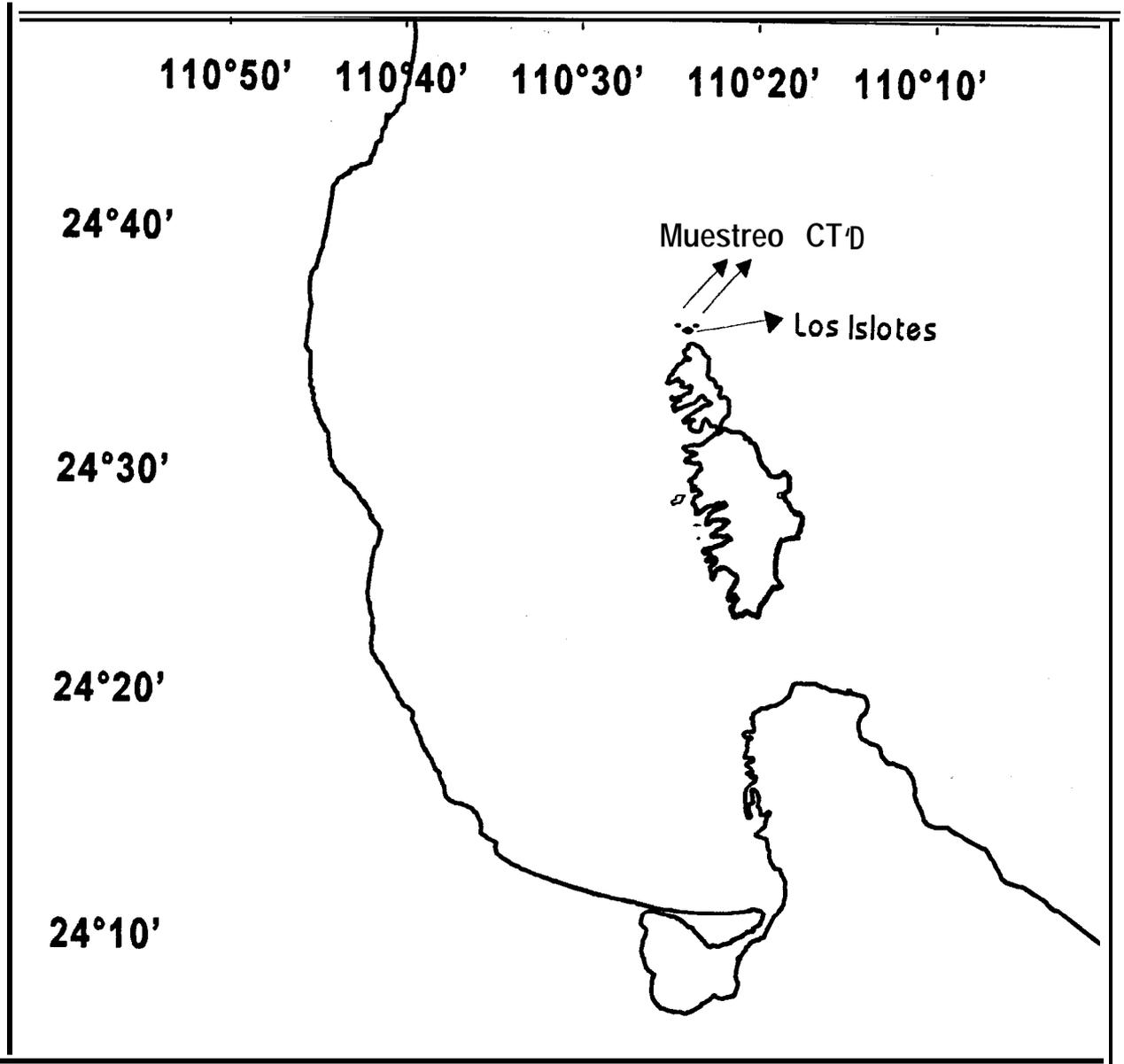


Figura 2. Área de estudio y estaciones de muestreo de 1996 con el CTD

En 1997 sólo se estudió una estación a 0.5 milla de la lobera rumbo al Bajo (24° 36.70' N; 110° 24.29' 0).

iv. Captura, marcaje y colocación del equipo en los animales.

En 1996 se escogieron 4 hembras con cría nacida esta temporada para ser capturadas, una de ellas con marca (**All**, de la generación '81). Estas capturas se llevaron a cabo utilizando redes y tranquilizantes (diazepam 0.2 mg/kg y ketamina 0.8 mg/kg), con apoyo del M.V.Z. David Berrón (CONVIMAR). Una vez localizada una hembra con su cría, dos personas se acercaban a la madre con redes por cada lado y una tercera con la red de mariposa para la cabeza del animal. Una vez atrapado el animal se le administró una dosis de valium y ketamina, y se esperaron 5 minutos a que hicieran efecto, al mismo tiempo la cría era capturada. Cuando el animal se encontraba tranquilo se procedía a pesarlo en las redes utilizando un tripie y un juego de poleas con una báscula, posteriormente se medía y se colocaba el TDR.

Para la colocación del TDR se limpiaba al animal con alcohol y acetona para eliminar la grasa del pelo y se secaba con aire comprimido, una vez seco se adhería la base de caucho a la zona limpia, al caucho se le ponía **resistol** de cianoacrilato de secado instantáneo. A cada pareja se les determinaron las medidas corporales pertinentes (Luque y **Aurioles**, 1997) y se marcó con códigos iguales, mediante rasurado de la parte posterior del dorso. Las hembras eran liberadas una vez pasado el efecto de las drogas, cuya duración aproximada fue de 45 min. Las crías se liberaron una vez que se tenían completos los datos de sus medidas. A tres hembras se les colocaron los **TDR's** con su respectiva antena y antes de ser liberadas se comprobaba la frecuencia de emisión y funcionamiento del transmisor; la cuarta hembra se utilizó como sujeto control de manipulación simulada para evaluar el efecto del equipo sobre la conducta de **los** animales. Se tomaron datos de conducta de una quinta hembra con cría como sujeto control sin manipulación.

En 1997 se atraparon dos hembras y se instaló **sólo un** TDR, un grupo de veterinarios de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM proporcionó apoyo para

la captura del animal así como para anestésicarla (isofluroano 5%) y facilitar la colocación del TDR, que fue colocado dentro de un tubo de PVC con el objetivo de hacer más fácil su instalación ya que iba sujeto con pegamento especial para plástico y abrazaderas **metálicas** a un parche de goma que se pegaba directamente a la espalda del animal, (entre los omóplatos). Esta zona previamente había sido limpiada con acetona para remover la grasa y mejorar la adhesión del pegamento epóxico empleado. Se utilizaron grapas quirúrgicas para reforzar la unión del equipo al animal. A la otra hembra no se le colocó el TDR debido a que la cría había nacido ese mismo día y, considerando que las hembras tardan en salir al mar unos 4-7 días después del alumbramiento, previendo que los viajes de alimentación tienen una duración promedio de 1.5 días, se decidió no colocar el equipo por la alta probabilidad de no recuperarlo al final de la estancia en el campo. Esta hembra fue el sujeto control de manipulación simulada para evaluar el efecto del equipo sobre la conducta de los animales. El marcaje de las parejas, así como las medidas **morfométricas** que se tomaron fueron hechas de manera semejante el **año** anterior, los pesos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Peso y longitud estandar (L.EST.) de los animales capturados en este estudio.

HEMBRA		PESO (kg)	L.EST (m)	CRÍA		PESO (kg)	L.EST (cm)
1996	1	72.5	1.55	1996	1	7	79
	2	100	1.86		2	7	73
	3	70	1.67		3	8	73
	4	101	**		4	8	77
1997	1	100	1.57	1997	1	7.25	74
	2	110	1.78		2	6.5	71

** No se tomó.

v. **Seguimiento de los animales y observaciones de conducta:**

Se hizo el seguimiento utilizando dos estrategias:

- a) El seguimiento con una antena fija instalada en una de las partes altas de Los Islotes,

una antena portátil y un equipo de radio portátil.

b) Registro de la presencia de los animales marcados en los territorios reproductivos y evaluación de la conducta mediante focales de 15 min, registrando la conducta cada minuto (Altman, 1974).

Las conductas registradas fueron: en tierra; eventos de actividad y descanso, en agua; nado, buceo o descanso (flotación) y tiempos de lactancia de los crías. Los datos se obtuvieron mediante registros focales (Altman, 1974) para las conductas desplegadas en los territorios reproductivos.

vi. **Hábitos alimentarios.**

La colecta de excretas se realizó sólo en los territorios reproductivos por estar estos dominados en número por hembras reproductoras. Posteriormente se secaron y tamizaron para separar las partes duras con tamices de 2.00, 1.19, 0.71 y 0.59 mm de abertura. La identificación de los otolitos se llevó al cabo comparando con las colecciones de otolitos del CICIMAR (colección de referencia con otolitos ordenados e identificados por J. Fitch, D. Aurioles y F. García) y la colección de otolitos del Museo de Historia Natural en Los Angeles, California.

vii. **Recuperación del equipo.**

En 1996 se inició la búsqueda y recuperación del equipo a partir del día 29 de junio con apoyo de embarcaciones del CICIMAR y la compañía “Baja Expeditions”, además de una avioneta tipo Cessna 182 con una de las antenas instalada recorriendo por completo la Bahía de La Paz. Se localizaron dos **TDRs**, pero solo se pudo recuperar uno de ellos. En la figura 3 se presenta el área cubierta en transectos por la avioneta, que abarcó la totalidad del área de la Bahía de La Paz. La distancia entre transectos fue la mitad del alcance calculado para la antena con la que se hizo la búsqueda por aire a una altura de 300 pies. El TDR recuperado proporcionó información de 8 días (16-23 junio).

En 1997 se recapturó a la hembra utilizando únicamente redes, sin aplicar ningún tipo de droga y destornillando las abrazaderas. El TDR estuvo instalado durante 6 días,

durante los cuales fue posible observar una gran cantidad de aves marinas congregadas en Los Islotes alimentándose de sardinas, cuyos cardúmenes eran de gran tamaño y superficiales. También se observó grupos de lobos marinos alimentándose junto con las aves (principalmente pelícanos, gaviotas, *Laurus occidentalis*; cormoranes, *Phalacrocrax spp.* y bobos de patas azules, *Sula nebouxii*) en las cercanías de la lobera.

viii. **Análisis de datos.**

Los datos del CTD fueron obtenidos y analizados en hojas de cálculo empleando diagramas T-S y perfiles de temperatura.

Las presas identificadas en las heces para ambos años se analizaron comparando su porcentaje de aparición, que representa la proporción de heces en las que cierta presa estuvo presente y fue calculado mediante la fórmula propuesta por Lowry y Oliver (1986):

$$POi = (Oi/M)*100$$

en donde:

POi = porcentaje de aparición de la presa i

Oi = número de heces en que estuvo presente la presa i

M = número de heces con base en los que se contabilizaron las presencias

Para comparar entre años se normalizaron los datos con otra fórmula propuesta por los mismos autores:

$$PtOi = (Oi*100)Oa$$

en donde:

PtOi = porcentaje de aparición de la presa i con respecto al total de presas

Oi = número de heces en que estuvo presente la especie i

Oa = suma de ocurrencias de todas las presas encontradas

Li nomenclatura de otolitos no identificados hasta especie se hizo siguiendo la nomenclatura propuesta por García-Rodríguez (1995): a los otolitos identificados hasta familia se asignaron las 4 primeras letras del nombre de esta y si se reconocía como algún tipo se asignaba el número correspondiente y cuando no, se asignaba una M de misceláneo o una G de gastado, dependiendo de su condición. De igual manera se

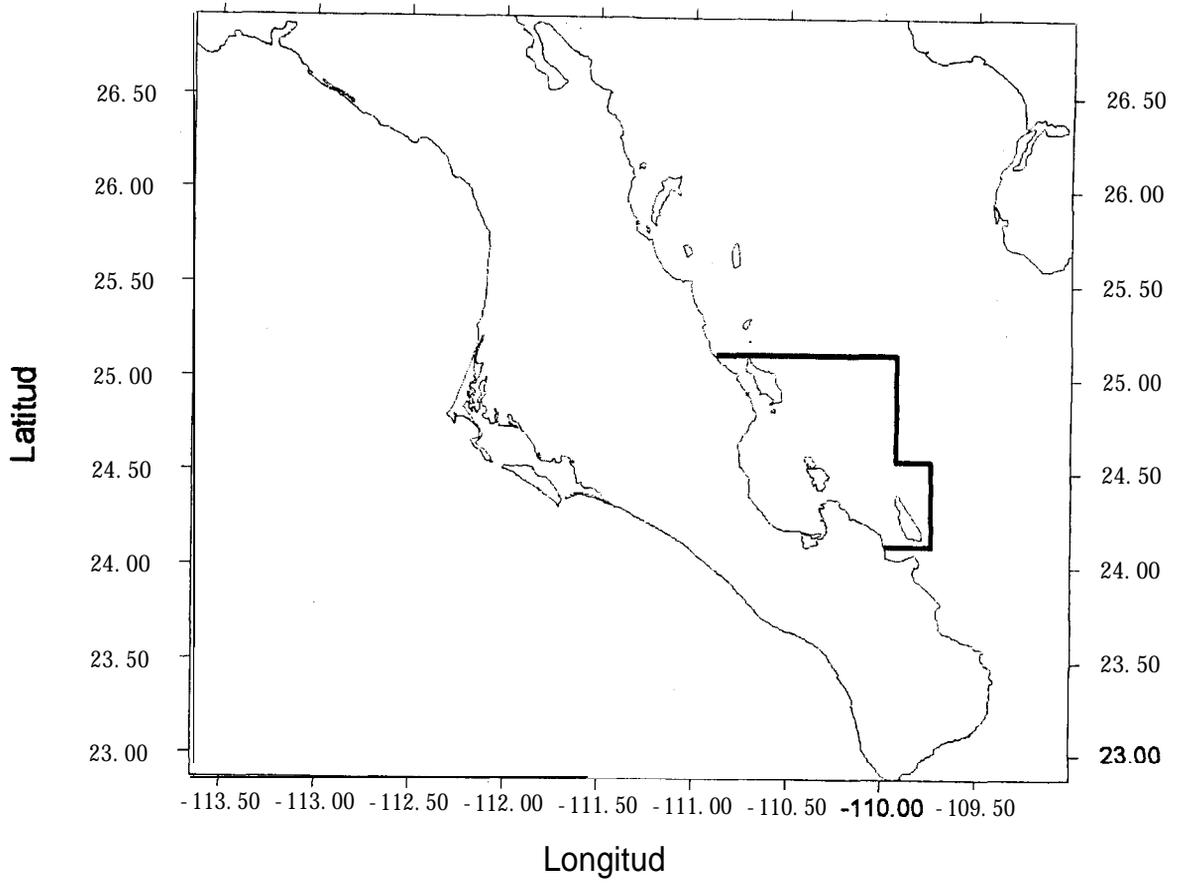


Figura 3. Mapa del área recorrida en avioneta (dentro del recuadro) en búsqueda de los registradores de buceo.

procedió con los **otolitos** no identificados, en los que las primeras letras fueron **NOID**, asignándoles número, M o G según fuera el caso.

El cálculo de la tasa metabólica relativa (MR) (litros de O_2 por minuto) se hizo aplicando la fórmula:

$$MR = 2 * 0.0101 w^{0.75}$$

donde w = masa; esta fórmula es la modificación para mamíferos marinos propuesta por Whittow (1987) a la fórmula de Klieber (1975) para el cálculo de la tasa metabólica de mamíferos terrestres.

El oxígeno disponible se calculó partiendo del supuesto que la relación O_2 disponible y peso es lineal y la proporción O_2 /peso es constante, con el dato bibliográfico de que hembras de *Zalophus californianus* tienen $3.81 * 10^{-2} l kg^{-1}$ se obtuvo la fórmula:

$$O_2 \text{ disponible} = 3.81 * 10^{-2} l kg^{-1} * w$$

El límite de buceo aeróbico (LBA) se calculó por la relación de MR con O_2 disponible (Kooyman y cols., 1980; Kooyman y cols., 1981; Kooyman y cols., 1983; Feldkamp, 1988; Feldkamp y cols., 1989; Durán-Lizarraga, 1995).

Los datos del **TDRse** recuperaron y transformaron a ASCII con los programas 3M y **Dive** Análisis proporcionados por la misma compañía. Posteriormente los datos se capturaron en una hoja de cálculo para su análisis y elaboración de **gráficas**.

En 1996 se trabajó con las 04 inmersiones registradas y en 1997 con 64 inmersiones de manera semejante a la reportada en diversos trabajos de análisis de patrones de buceo, buscando las relaciones entre la duración y profundidad de los buceos y los intervalos de superficie, así como el análisis de los trenes de buceo (Feldkamp, 1986; Gentry y Kooyman, 1986; Le Boeuf y cols., 1986; Le Boeuf y cols., 1988; Feldkamp y cols., 1989; Bengston y Stewart, 1992; Boyd, 1993; Gallo-Reynoso, 1994; Baranov, 1996; Schreer y Testa, 1995).

Las observaciones de conducta se agruparon de la siguiente manera:

1. Actividad: caminando o había despliegues agresivos hacia otros animales.
2. Atención a la cría: las lactancias, protegiendo u **olisqueando** al cachorro.
3. Reposo: se encontraba **erguida** sin moverse o vocalizar, estaba acostada **y/o**

dormida.

4. Acuática: durante los viajes de alimentación (información confirmada con los datos del TDR).

Para el estudio de la variación en la actividad a lo largo del día, se utilizaron tres tipos de análisis matemáticos, de manera que pudiera ser caracterizada objetivamente:

1. Periodograma de Enright: Los datos deben ser equiespaciados. Si existe un período P , la desviación estándar de las medias (expresada como una proporción de la desviación estándar de toda la serie de datos), es la medida de la potencia del período y puede ser sometida a una prueba de significancia estadística.
2. Espectro de potencia: basado en los análisis de armónicos (Fourier) también requiere datos equiespaciados. Representa la relación entre un período P y la variancia de la amplitud. Los picos en la amplitud representan el (o los) período(s) presentes en los datos. Es un método no lineal (multiplicativo) recomendado para registros relativamente largos, la estimación de la frecuencia fundamental es de baja resolución.
3. Cosinor: es un método de ajuste de curva por mínimos cuadrados. Sirve para determinar la función de mejor aproximación cosenoidal a los datos. Este método permite una prueba objetiva de la hipótesis de que la amplitud del ritmo difiere de cero y provee una aproximación de calidad de ajuste. (Minors y Waterhouse, 1988; Vega, 1993).

Estos análisis se realizaron empleando el programa **DiSPAC** desarrollado en el Instituto de Fisiología Celular, U.N.A.M por el Dr. Raúl Aguilar y el Ing. Arturo Vega.

VIII. RESULTADOS

i. Variables ambientales: temperatura y salinidad del agua.

En 1996 se llevó a cabo el muestreo en dos estaciones localizadas ambas a una milla de los Islotes, el fondo se encontró a diferente profundidad: en la estación rumbo al Bajo fue a 200 m y la rumbo a San Francisquito fue a 230 m. Con los datos obtenidos se contruyó un diagrama T-S, en el que se observó homogenidad de las características del agua en ambas estaciones. En 1997, las condiciones climáticas permitieron tan solo un muestreo realizado a media milla de Los Islotes, donde se encontró el fondo a 100 m. Se contruyó el diagrama T-S (Figura 4).

Pueden observarse diferencias entre el intervalo de temperatura registrado en 1997 con respecto al año anterior, siendo la temperatura superficial ligeramente mayor en 1996 que en 1997. Si bien el intervalo de profundidad es un factor que ejerce influencia en la temperatura, se encontró que la temperatura crítica inferior (TCI) para el lobo marino (18°C) se alcanzó a los 85 m en 1997, 10 m por debajo de la profundidad a la que se alcanzó esta misma temperatura el año anterior (Figura 5). Con respecto a la salinidad, esta fue mayor durante 1997 que durante 1996 (Tabla 2, Figura 5).

En la Tabla 2 se presentan los intervalos registrados en las variables temperatura y salinidad del agua para ambos años, así como la profundidad máxima que se alcanzó durante el muestreo. También se señala la profundidad a la que se alcanzó la TCI del lobo marino.

Tabla 2. Intervalos de las variables ambientales registradas en ambos años de muestreo.

VARIABLES	1996	1997
TEMPERATURA	28 - 13°C	27.8 - 17°C
SALINIDAD	35.5 - 34.90100	35.45 - 35.150100
PROFUNDIDAD MAXIMA	230	100
PROFUNDIDAD TCI	75	85

A partir de estos valores puede reconocerse que el agua que se encuentra en las cercanías de la lobera es agua del Golfo de California, caliente y altamente salina, encontrándola con valores mayores en ambos parámetros durante 1997. Durante 1996 se encontró también la presencia de agua subsuperficial tropical, que se señala en la figura 4.

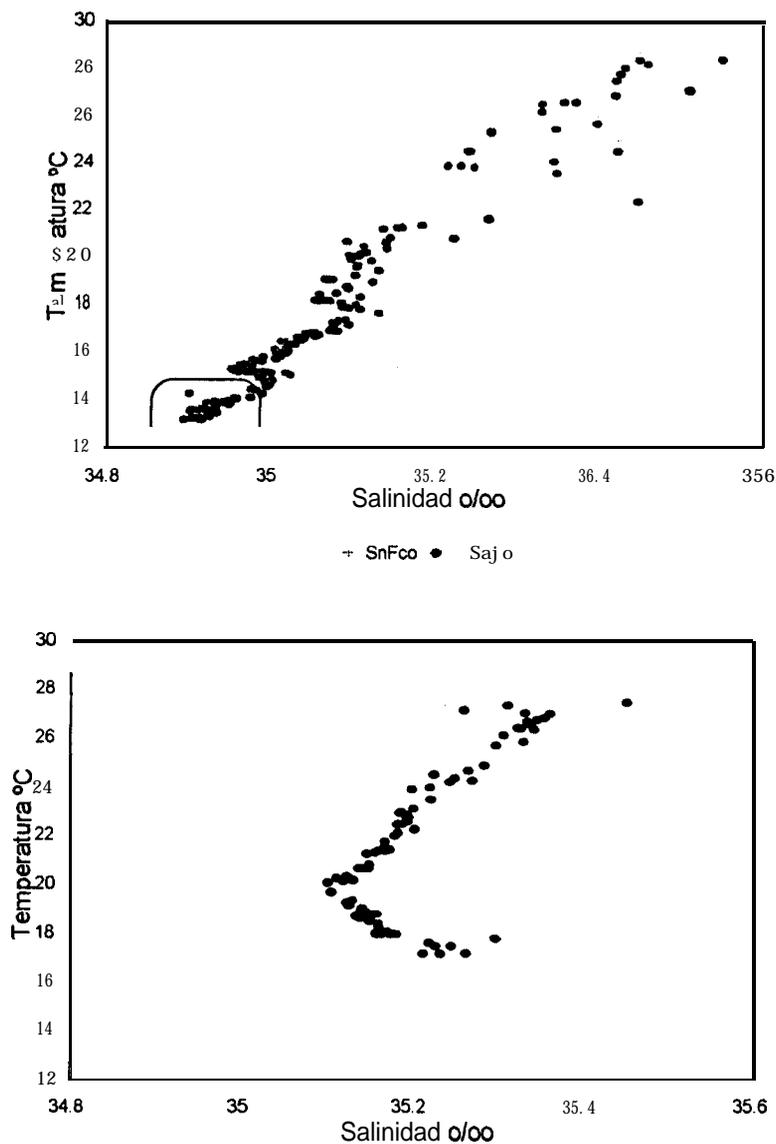


Figura 4. Diagrama T-S de las dos estaciones de 1996 (gráfica superior) y de la estación del 1997 (gráfica inferior). En 1996 se señala los datos correspondientes a la masa de agua **subsuperficial** subtropical.

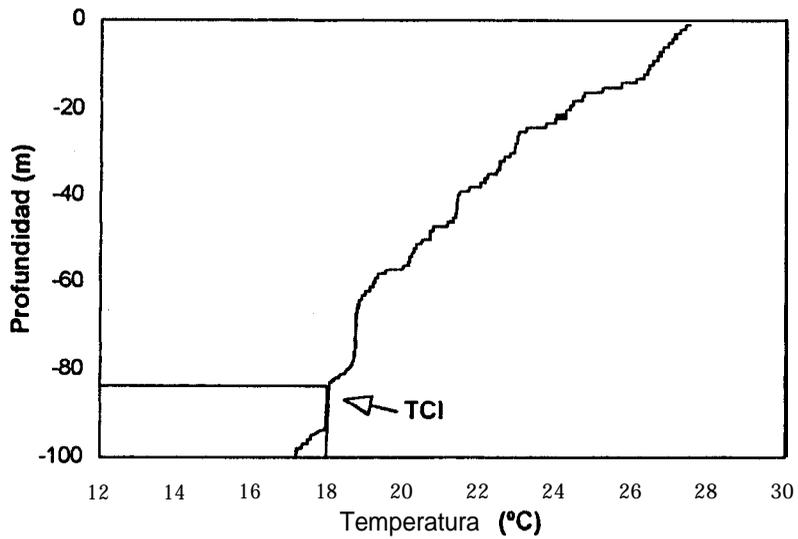
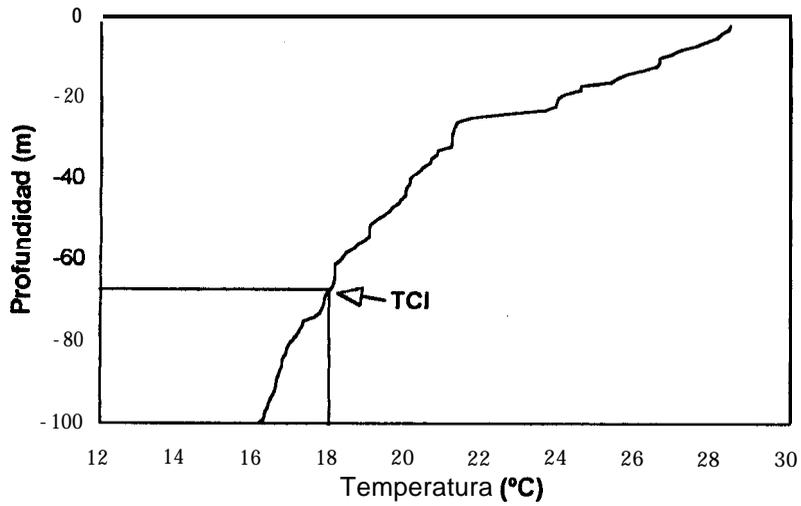


Figura 5. Cambio de temperatura con respecto a la profundidad en los muestreos de 1996 (gráfica superior) y de 1997 (gráfica inferior)

ii. Hábitos alimentarios.

Las excretas recolectadas durante los años de estudio se tamizaron para separar las partes duras, **tales** como restos de crustáceos, mandíbulas de cefalópodos y peces (otolitos, vértebras, espinas y escamas), los otolitos fueron posteriormente identificados cuando era posible hasta especie. En ambos años se encontró que las presas **principales** fueron *Porichthys notatus*, *Pronotogrammus eos*, *Pronotogrammus multifasciatus* y *Selar crumenophthalmus*. Los resultados se presentan en la Tabla 3 expresados como porcentaje estandarizado de aparición de especies con respecto al total de presas durante el verano de 1996 y de 1997. Se incluyen datos tomados de Auriolles y cols., (1984) y García-Rodríguez (1996).

En 1997 se encontró una mayor diversidad en las presas consumidas que en 1996, también se detectó la presencia de picos de cefalópodos con un alto porcentaje de aparición, así como cinco especies más que en 1996 (*Physiculus nematopus*, *Argentina sialis*, *Bodianus diplotaenia*, *Lepophidium prorates* y *Pontinus* sp.). Es importante comentar que durante 1997, hubo una gran cantidad de sardina (*Sardinops sagax*) en las cercanías de la lobera y se veían los grupos de lobos y aves alimentándose, aunque entre los otolitos no se logró identificarla.

Los hábitos alimentarios en esta lobera han sido previamente documentados ya que se han desarrollado algunos trabajos con la misma metodología (Auriolles y cols., 1984; García-Rodríguez, 1995; Orr, 1998). Entre los resultados de estos trabajos destaca que si bien el lobo marino depreda sobre especies distintas tanto por temporada como por año, las presas comunes se mantienen como importantes, además de que estas mismas especies han sido reportadas en **múltiples** ocasiones como parte del espectro alimentario del lobo marino (Auriolles y cols., 1984; García-Rodríguez, 1995; García-Maldonado, 1997; Orr, 1998).

En 1996, *Selar crumenophthalmus* y las no identificadas fueron las más importantes (36.42% de presas no identificadas), mientras que en 1997 los cefalópodos fueron la presa más importante, seguidas de la familia Myctophidae, *Aulopus bajacali* y *Pronotogrammus eos*, en este año sólo hubo un 9.03% de presas no identificadas, y

aumentó el número de familias representadas, la suma de los porcentajes de presas no identificadas o identificadas a nivel de familia suman 36.42% mientras que en 1996 este porcentaje fue de 45.49.

Tabla 3. Porcentaje normalizado de aparición de especies encontradas en el análisis de excretas de lobo marino en Los Islotes durante el verano de 1980, 1990, 1993, 1996 y de 1997.

ESPECIES	Porcentaje de aparición de especies				
	1960	1990	1993	1996	1997
<i>Pronotocrammus eos</i>	5.56	3.71	17.8	9.07	10.11
<i>Pronotogrammus multifasciatus</i>	**	3.71	14.14	9.07	5.77
<i>Selar crumenophthalmus</i>	5.56	*	1.88	18.21	2.89
<i>Porichthys notatus</i>	**	14.8	3.77	9.07	11.55
<i>Aulopus bajacali</i>	55.6	7.40	7.53	**	4.33
<i>Physiculus nematopus</i>	**	**	**	**	1.44
<i>Araentina sialis</i>	**	**	**	**	1.44
<i>Bodianus diplotaenia</i>	**	**	**	**	1.44
<i>Hemanthias peruanus</i>	10.64	7.40	0.95	**	1.44
<i>Serranus aequidens</i>	**	11.11	14.14	**	1.44
<i>Lepophidium prorates</i>	**	**	**	**	1.44
Cefalópodos	**	**	**	**	17.53
<i>Diplectrum sp.</i>	5.56	7.49	7.53	**	**
<i>Hemanthias sp.</i>	5.56	**	**	**	**
<i>Pontinus sd.</i>	**	**	**	9.07	**
MYCTM'	**	**	**	**	12.97
EST0596-1	**	**	**	**	4.33
RASO? 96-I	**	**	**	**	1.44
SERR2	**	**	**	**	1.44
SERRM	**	**	**	**	2.89
SERRG	**	14.8	3.77	9.08	**
SCORM	**	**	**	**	1.44
SCORG	**	**	**	**	1.44
MORIM	**	**	**	**	1.44
NOIDM	**	**	**	18.21	2.89
NOIDG	5.56	35.85	28.47	18.21	6.14

** Ausentes

El conocimiento biológico sobre estas especies es escaso, aunque los informes con los que se cuenta (Arora, 1948; Fitch y Lavenberg, 1968; Fitch y Lavenberg, 1971; Hobson, 1974; Fitch y Lavenberg, 1975; Hobson, 1975; Thomson y cols., 1987; Castro-

Aguirre y cols., 1995, Amezcua, 1996) señalan que son especies que habitan aguas medianamente profundas. En la Tabla 4 se presentan algunas características biológicas de las principales especies presa del lobo marino en Los Islotes.

Tabla 4. Profundidad y hábitos de las principales especies presas del lobo marino en Los Islotes.

ESPECIES	PROFUNDIDAD (m)	AGUA	HABITOS
<i>Pronotogrammus eos</i>	115 - 325	Tropico	Pelágico
<i>P. multifasciatus</i>	140 - 200	Tropico	Pelágico
<i>Selar crumenophthalmus</i>	Hasta 45	Tropico-subtropico	Pelágico
<i>Porichthys notatus</i>	hasta 300	Subtrópico-templado	Bentónico
<i>Aulopus bajacali</i>	75 - 200	Tropico	Bentónico
<i>Physiculus nematopus</i>	18 - 330	Tropico	Bentopelágico
<i>Argentina sialis</i>	100 - 300	Tropico	Pelágico
<i>Bodianus diplotaenia</i>	5 - 18	Subtrópico-templado	Grietas y cuevas
<i>Hemanthias peruanus</i>	20 - 120	Tropico-subtropico	Pelágico
<i>Serranus aequidens</i>	75 - 250	Tropico-subtropico	Bentónico
<i>Lepophidium prorates</i>	4 - 73	Tropico-subtropico	Bentónico
<i>Diplectrum sp.</i>	15 - 160	Tropico-subtropico	Bentónico
<i>Hemanthias sp.</i>	23 - 306	Tropico-subtropico	Pelágico
<i>Pontinus sp.</i>	110 - 247	Subtrópico-templado	Bentónico

(Datos tomados de Arora, 1948; Fitch y Lavenberg, 1968; Fitch y Lavenberg, 1971; Hobson, 1974; Fitch y Lavenberg, 1975; Hobson, 1975; Thomson y cols., 1987; Castro-Aguirre y cols., 1995; Amezcua, 1996).

Algunas de las presas son de hábitos nocturnos (*Hemanthias* sp.), presentan migraciones verticales, esto parece estar siendo aprovechado por los lobos marinos ya que la mayor disponibilidad de presas y la menor distancia vertical que tengan que recorrer les resulta benéfico en términos de ahorro de energía.

Al considerar la diversidad de presas de ambos años y que los informes de pescadores y de trabajos de seguimiento con transmisores y radios VHF al respecto de que los lobos se alimentan en El Bajo y creca de la isla San Francisquito, se puede ubicar como principal área de alimentación zonas cercanas a la lobera, teniendo ésta área tanto ambientes rocosos como fondos arenosos y lodosos además de diferentes profundidades (Figura 6). Las especies de las que se alimentan los lobos se localizan en áreas muy

cercanas a la lobera, aunque no se hayan detectado para dicha zona, lo cual podría deberse a falta de actividad exploratoria en zonas profundas. Se ha señalado la importancia de la asociación de diversas especies de peces demersales con el tipo de fondo pues se ha propuesto que la textura, composición y principalmente la granulometría de los sedimentos son determinantes en la distribución y abundancia de la fauna **béntica**, por lo que las variaciones en estas poblaciones repercuten en las poblaciones de peces demersales (Amezcuca, 1996).

En la Bahía de La Paz, se han conducido estudios (Cruz-Orozco y cols., 1996) cuyos resultados muestran que se encuentran en la Bahía dos tipos de material: arena y limo, la arena ocupa los márgenes y la parte sur de la Bahía y el limo la zona central (profunda). La importancia de estos estudios es que señalan características físicas importantes para la distribución de las presas de los lobos marinos en zonas cercanas a la lobera de Los Islotes, donde hay una gran variedad de ambientes que propician una gran riqueza de especies. Esta se determina no sólo por la topografía sino también por características de la masa de agua y surgencias estacionales que conllevan a una gran concentración de alimento debido a los giros dentro de la bahía (Obeso-Nieblas, comunicación personal).

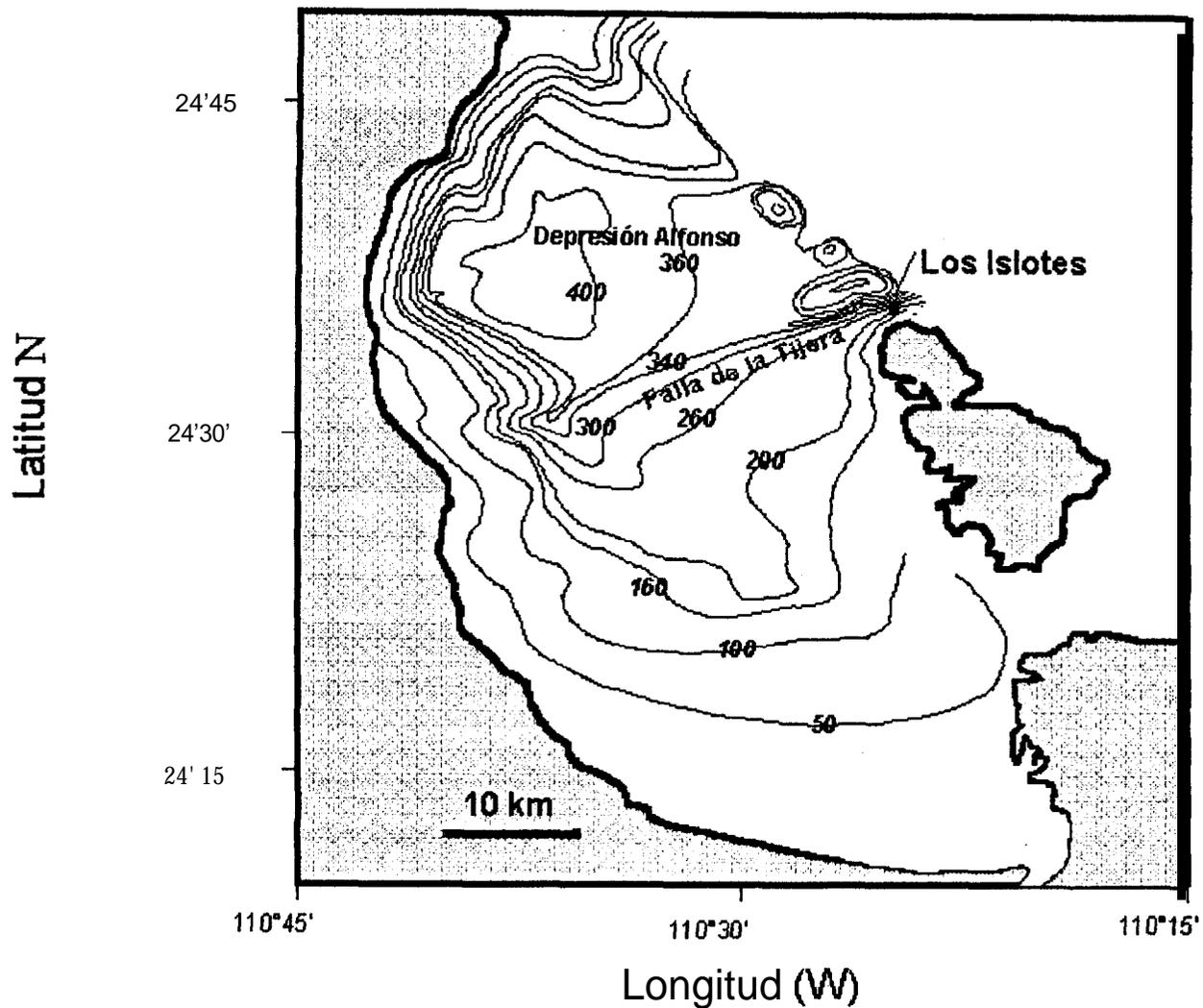


Figura 6. Geomorfología de la Bahía de La Paz. Se señalan con líneas gruesas las zonas de costa rocosa y con líneas delgadas las de costa arenosa, así mismo se señalan algunas isobatas (modificado de Thomson y cols., 1987 y de Cruz-Orozco y cols., 1996).

iii. Patrón de buceo

La profundidad máxima que se registró en el TDR de la hembra "A" fue de 164 m, la mayoría de los buceos no sobrepasaron los 75 m (TCI), posiblemente porque la duración de estos buceo fue relativamente corta, el costo energético extra ocasionado por un posible estrés térmico, no se incrementó considerablemente. El buceo más profundo que realizó la hembra "B" fue de 40 m que también fue el de mayor duración, 8 min, cabe señalar que la mayoría de los buceos fueron menores a 75 m (85.63%). En la figura 7 se presenta la distribución de frecuencias de la profundidad de buceo de cada hembra.

A partir del peso de los animales se calculó su tasa metabólica relativa y con datos bibliográficos de oxígeno disponible con respecto a la masa, se estimó el LBA de la hembra "A" que resultó de 5.5 min. y el de la hembra "B" de 6 min, tal como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Cálculo del LBA de las hembras "A" y "B".

PARAMETROS	HEMBRA A	HEMBRA B
PESO (kg)	70	100
TASA METABOLICA RELATIVA	0.488 l O ₂ /min	0.6388 l O ₂ /min
OXIGENO DISPONIBLE	2.667 l	3.81 l
LIMITE DE BUCEO AEROBIO	5.5 min	6 min

Se encontró que para la hembra "A" el buceo de mayor duración fue de 15 min, aunque la mayoría de los buceos (89.82%) fueron de menor duración que el LBA. La distribución de frecuencias de la duración de los buceos y de profundidad máxima son semejantes a las reportadas para otras especies de pinnípedos (Kooyman y cols., 1981; Kooyman y cols., 1983; Le Boeuf y cols., 1988; Feldkamp y cols., 1989, Thompson y Fedak, 1993; Boyd, 1993; Baranov, 1996; Schreer y Testa, 1995). De la hembra "B" se encontró que la inmersión más prolongada fue de 8 min, y únicamente 3 buceos fueron de mayor duración al LBA siendo el

95.31% menores a 6 min. Las **gráficas** de ambas hembras se presentan en la figura 8.

Con respecto a la duración de los buceos y el tiempo en superficie posterior a cada uno, (Figura 9) que representa cuanto tiempo le lleva recuperarse de la actividad de buceo, no se observa relación para ninguna de las dos hembras, (se emplearon tan sólo los eventos de superficie de duración menor a los 30 min para facilitar la representación gráfica); y se señala el valor del LBA calculado en ambos casos. Los datos se observan agrupados entre menos de 5 min en inmersión y menos de 6 min de recuperación, para ambos casos, es decir en la zona en que son menores del LBA y menos profundos que la TCI.

Para el análisis de la relación entre duración del buceo y su profundidad se elaboró la figura 10. En la gráfica correspondiente a la hembra "A", se encuentra que la mayoría de los buceos fueron a profundidades menores a 40 m y con duración menor a 6 min. Se marcó el valor del LBA y la TCI. Sólo el 5.1% de los buceos excedió ambos parámetros y se propone que estos podrían ser los buceos con costos metabólicos extras, ya que por un lado se encuentran fuera de la zona termoneutral y por otro, es de esperarse que en ellos se acumule ácido láctico y haya una deuda de O₂. En la gráfica correspondiente a la hembra B, únicamente se señala el LBA. Aunque se ve en ambas que algunos buceos presentan la tendencia a aumentar la duración con respecto al aumento de profundidad, en la mayoría no se observa ésta relación, más bien los buceos de 80 a 164 m tuvieron una duración mayor al LBA pero menor a 8 min. Nótese que si bien hay buceos profundos con duración cercana a los 5 min, se presenta la tendencia esperada de aumentar la duración con respecto a la profundidad del buceo, en ambos casos se encontró que fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05\%$) y los valores que describen las respectivas ecuaciones fueron:

Duración en inmersión = $5.4 - 11.43 * (\text{Profundidad})$, $r^2 = 0.40$, $p < 0.05\%$

Duración en inmersión = $1.05 + 0.12 * (\text{Profundidad})$, $r^2 = 0.44$, $p < 0.05\%$

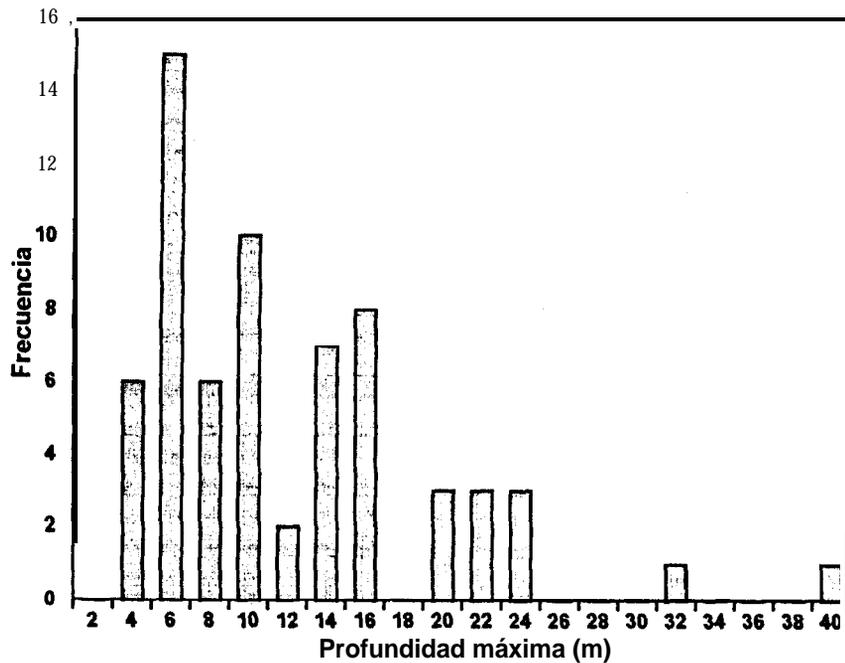
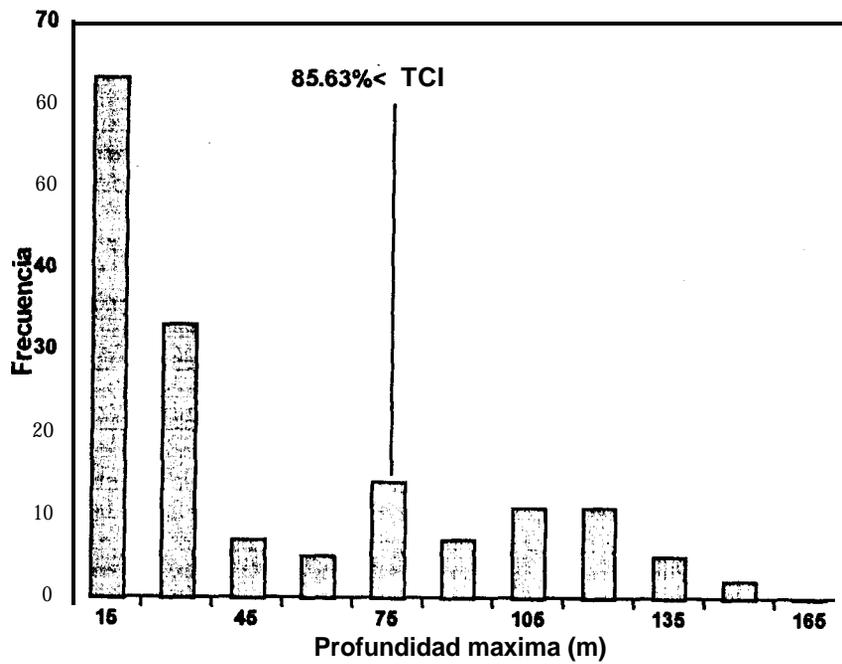


Figura 7. Distribución de frecuencia de buceo con respecto a la profundidad. La gráfica superior corresponde a la Hembra "A", que alcanzó la profundidad de 164 m, el **85.63%** del total de buceos no rebasó los 75 m, profundidad a la que se registró la TCI propuesta para *Z. californianus*. La **gráfica** inferior corresponde a la Hembra "B" cuya máxima profundidad alcanzada fue de 40 m.

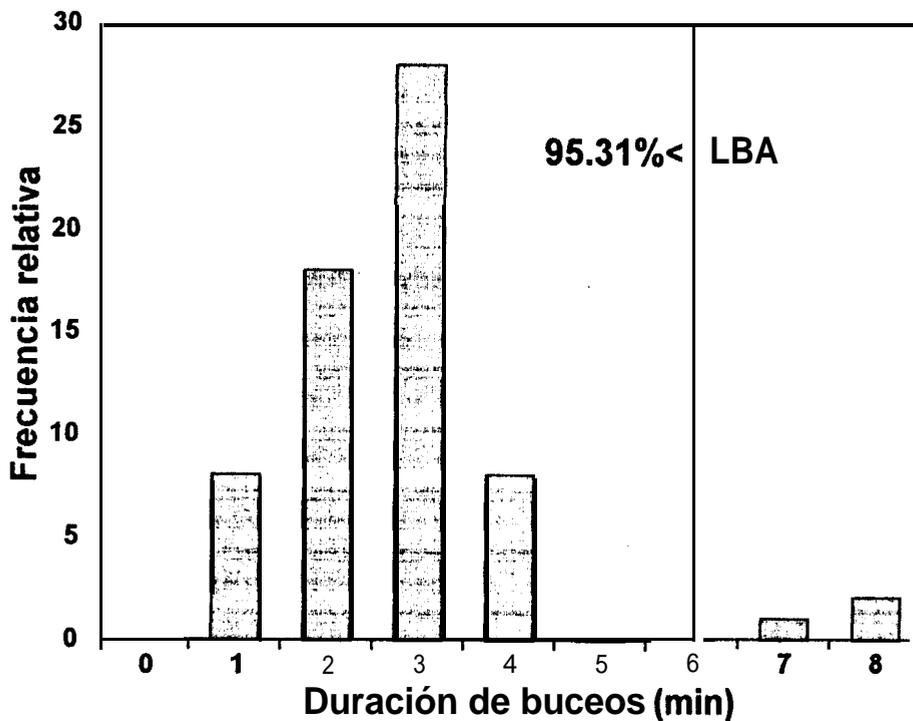
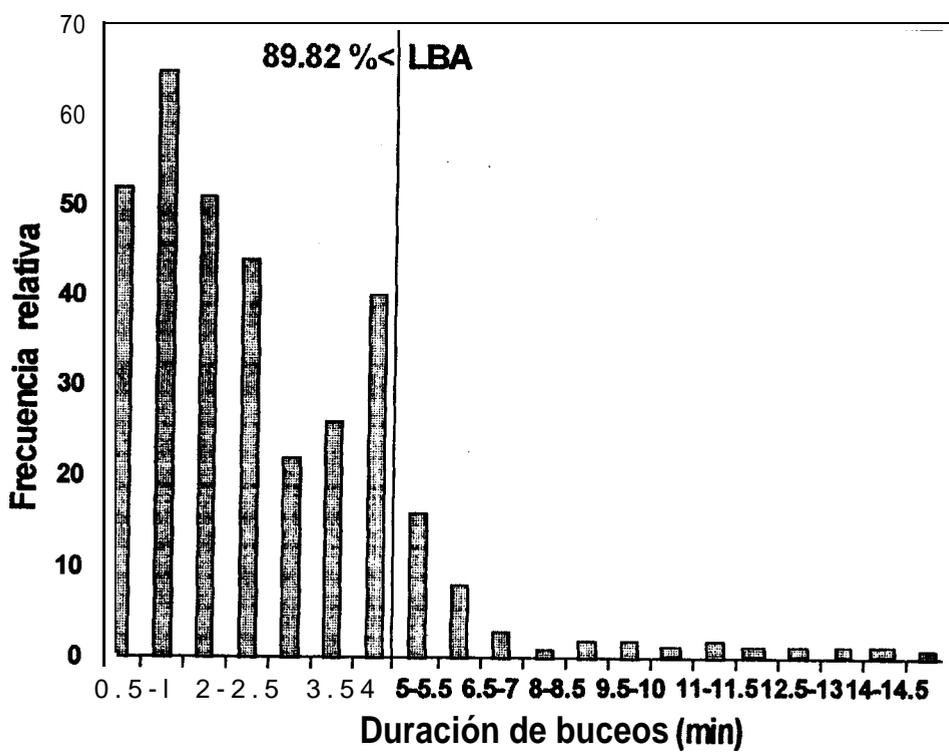


Figura 8. Distribución de frecuencias de buceo con respecto a su duración. El buceo más prolongado de la Hembra "A" (gráfica superior) fue de 15 min y el 89.82% de los buceos fueron menores al LBA, mientras que para la Hembra "B" (gráfica inferior) su mayor buceo fue de 8 min siendo el 95.31% menores al LBA.

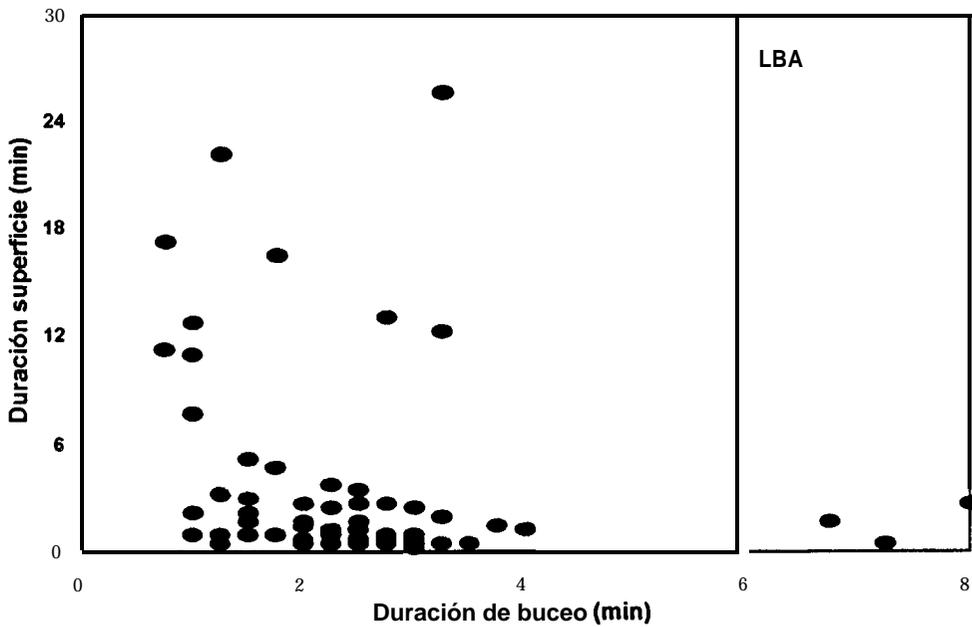
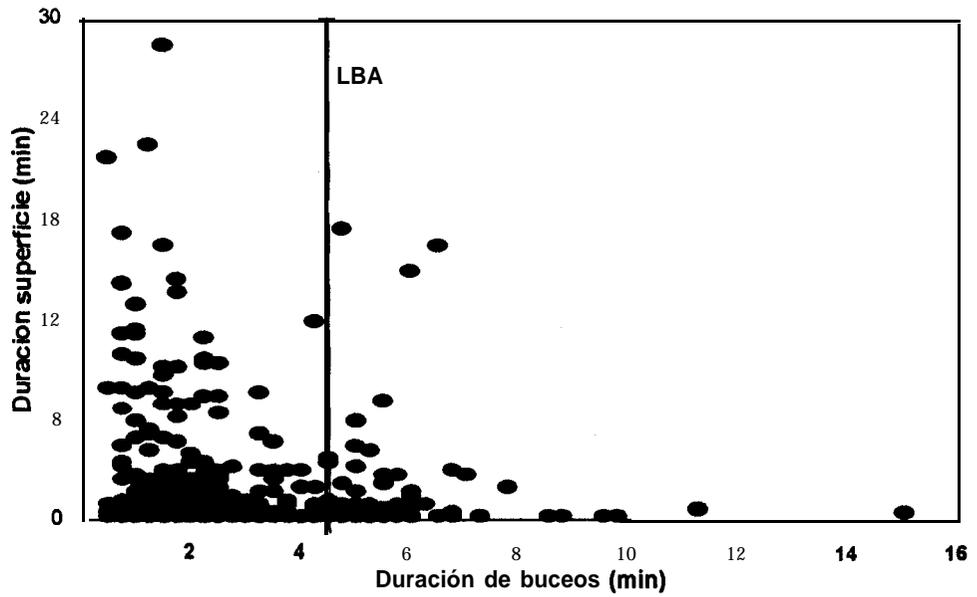


Figura 9. Relación entre la duración de la inmersión con el período de tiempo en superficie post-buceo. Se señala el **LBA** de cada hembra, la gráfica superior corresponde a la Hembra "A" y la inferior a la Hembra "B". No se observa dependencia entre variables ya que en ambos casos los datos se agrupan por debajo del LBA y **períodos** de recuperación cortos (< 7 min).

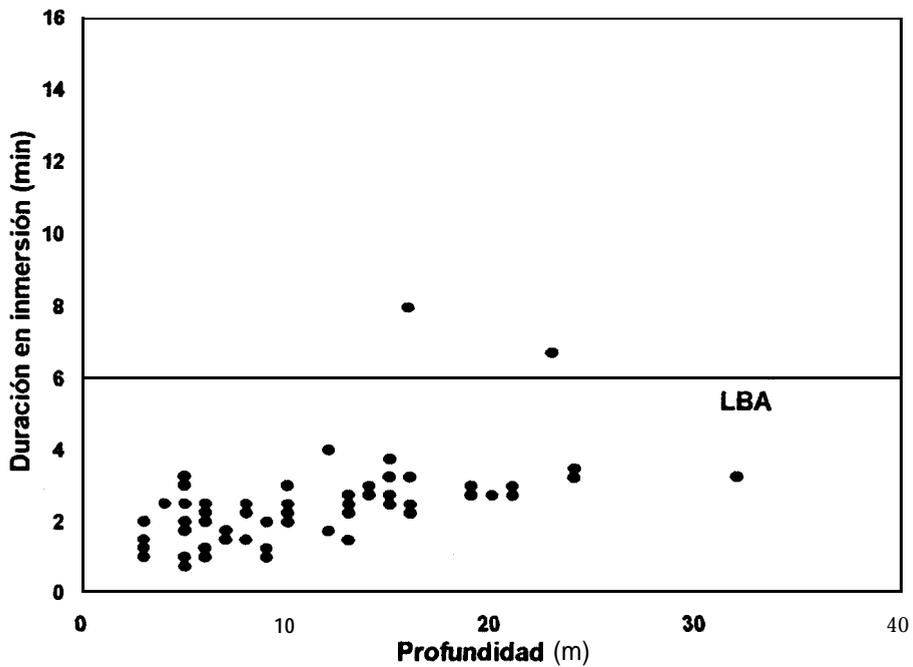
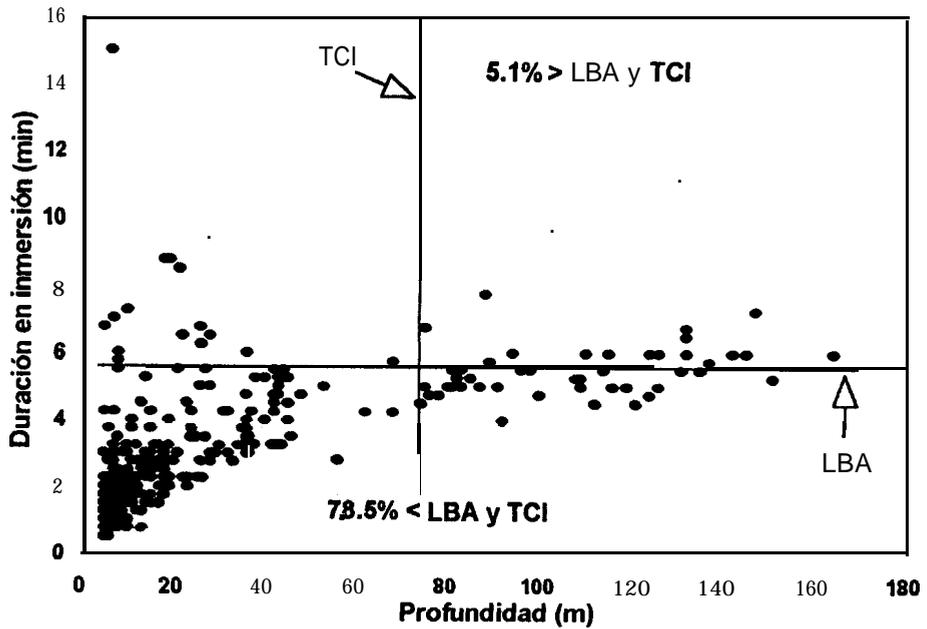


Figura 10. Relación entre la duración de las inmersiones y la profundidad que se alcanzó en cada una de ellas. La gráfica superior corresponde a la Hembra "A", para la que el 78.5% de los buceos fueron menores de 75 m y de 5.5 min, y solo el 5.1% rebasó **estos** valores. Em la gráfica inferior se observan los datos de los buceos de la Hembra "B", quien no superó la profundidad de la TCI y tan sólo el **4.59%** de los buceos fueron costosos en demanda de oxígeno.

iv. Trenes de Buceo

Para el análisis de los trenes de buceo se construyó una gráfica de Criterio de Fin de Tren de Buceo (CFTB). Los cambios en la pendiente significan cambios en la probabilidad de que haya un intervalo mayor a cierto tiempo t . Conforme a lo establecido por Gentry y Kooyman (1985), el segundo punto se usa como CFTB (ver Materiales y Métodos y Figura 11), para la Hembra A como para la B se determinó este en 7 min (Figura II). El número mínimo de buceos para formar un tren fue de 10 buceos.

Para la hembra A se encontraron 12 grupos de buceo, que incluyeron al 88.3% del total de buceos. En la Tabla 6 se presentan los datos correspondientes a la duración total en minutos del tren, el porcentaje de tiempo que estuvo sumergido y en superficie, así como la duración promedio de estos intervalos. También se incluyen los datos de profundidades promedio, **máxima** y mínima alcanzada en cada uno de estos trenes de buceo. La variabilidad en duración y profundidad en estos fue menor que la del total de datos.

Para la hembra B se encontró un solo grupo de buceo que fue formado por las inmersiones realizadas durante la primera parte de la noche (65.15% de los buceos), los siguientes buceos no llegaron a formar ningún tren.

En estudios de buceos de *Z. californianus* en California y de *Z. c. wollebaeki* en las islas Galápagos se encontró que la duración promedio de los buceos fue de 1.5 a 3.1 min y la mayoría entre 1 y 1.9 min; el intervalo de profundidad fue de 31 a 98 m, encontrándose la mayoría entre 20 y 50 m, el 86% de los buceos formaron parte de los trenes de buceos (Feldkamp, 1986; Kooyman y Trillmich, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Felkamp y cols., 1991).

Para el reconocimiento de los tipos de buceo se emplearon las características de profundidad máxima de la inmersión y cantidad de tiempo transcurrido entre el ascenso y el descenso, (se encontró que ambos parámetros explicaban más del 70% de la varianza) **encontrándose** 4 tipos de buceos para la Hembra A:

I) de profundidad menor a 10 m, (desplazamiento)

II) de profundidad mayor a 10 m y menor a 50 m, (alimentación somera)

III) de profundidad mayor a 50 m, con un tiempo entre ascenso y descenso mayor a 30 s (alimentación profunda),

IV) de profundidad mayor a 50 m, con un tiempo entre ascenso y descenso menor a 30 s (exploratorios) (Figura 12).

Tabla 6. Resumen de los 12 trenes de buceo: duración total (TT), porcentaje de tiempo en inmersión (%IN), duración promedio de las inmersiones (DI prom), profundidad promedio (Prof prom), profundidad máxima (Prof Max), profundidad mínima (Prof min), porcentaje de tiempo en superficie (%SU) y duración promedio de intervalos en superficie dentro del tren (DS prom). Se señala la desviación estándar de todos los promedios. Las unidades de profundidad son metros y las de duración minutos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TT	150.5	36	24.25	101.5	54	81	457.8	9.5	163.3	43.25	79.5	33.8
%IN	47	70	82.47	55.67	60.19	58.02	79.9	50	84.53	75.72	92.13	67.41
DI	2.04	2.1	3.33	3.14	3.25	2.24	3.48	1.17	4.18	6.55	5.23	2.84
prom	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.61	1.31	1.45	1.72	1.7	1.91	0.8	0.5	1.48	2.36	1.71	1.84
Prof	10.74	13.6	23.6	51.17	40.1	10.25	134.9	6.66	34.09	119.6	103.6	37.3
prom		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	6.11	6.27	5.81	43.22	38.41	5.44	25.36	2.17	10.71	17.4	42.61	0.33
Prof	41	24	30	126	114	21	160	10	45	137	164	81
Max												
Prof	5	6	16	6	9	5	5	5	5	91	10	5
min												
%SU	53	30	17.53	44.33	39.82	41.98	23.1	50	15.47	24.27	7.86	32.59
DS	2.26	1.25	3.46	2.5	2.15	2.13	1.05	1.83	0.79	2.36	0.48	0.79
prom	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1.84	0.96	5.85	1.89	1.9	3.29	1.5	1.59	0.97	1.75	0.43	0.25

Para la hembra B, 3 tipos de buceo:

I) de profundidad menor a 10 m, (desplazamiento)

II) de profundidad mayor a 10 m y menor a 40 m con un tiempo entre ascenso y descenso mayor a 30 s (alimentación),

IV) de profundidad mayor a 10 m y menor a 40 m, con un tiempo entre ascenso y descenso menor de 30 s (exploración), (Figura 13).

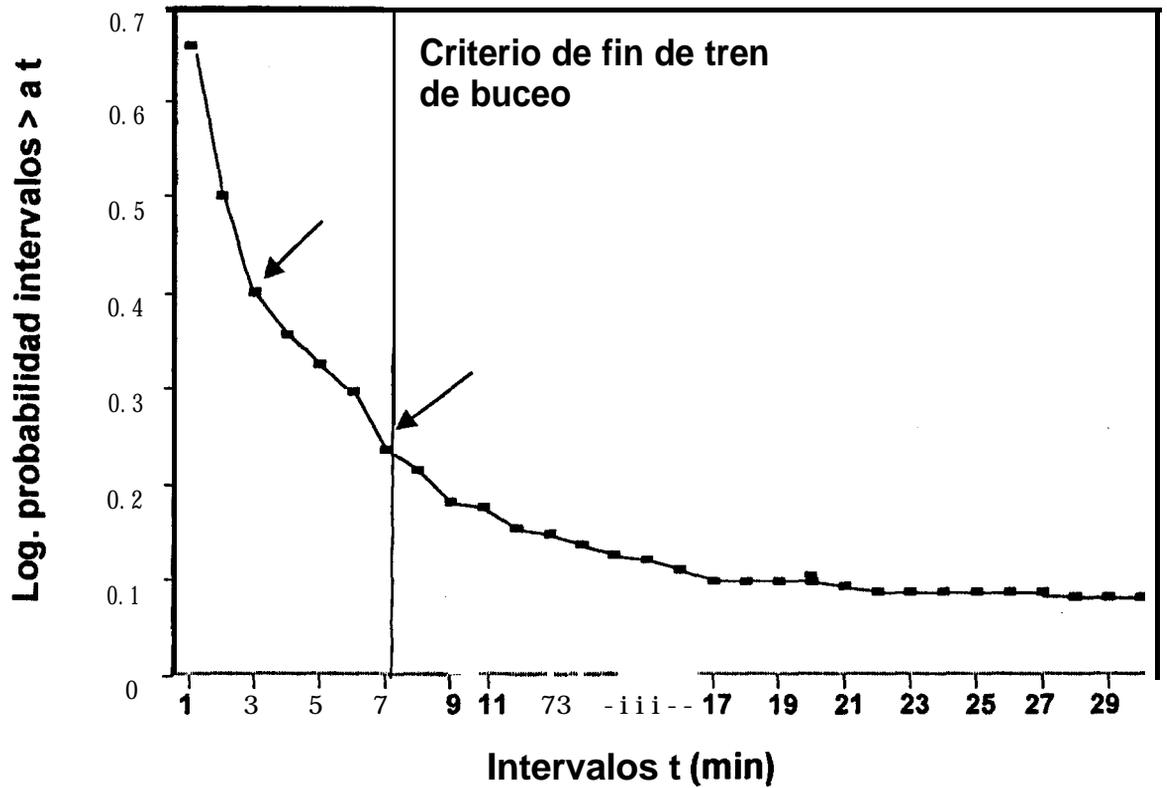


Figura 11. **Gráfica** de CFTB, el segundo cambio en pendiente marca la duración mínima del intervalo de superficie de separa a los trenes de buceo entre sí, para ambas hembras fue de 7 min. Se presenta la gráfica correspondiente a la Hembra "A". Las flechas señalan los dos cambios en pendiente.

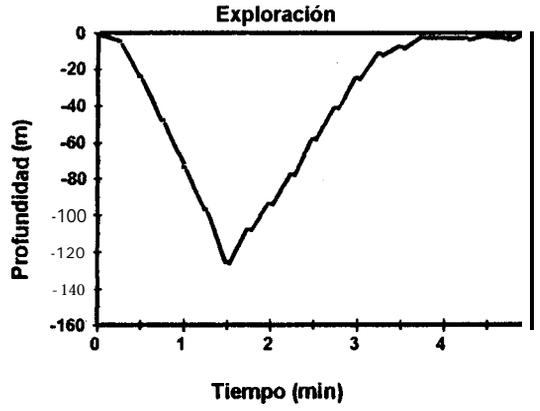
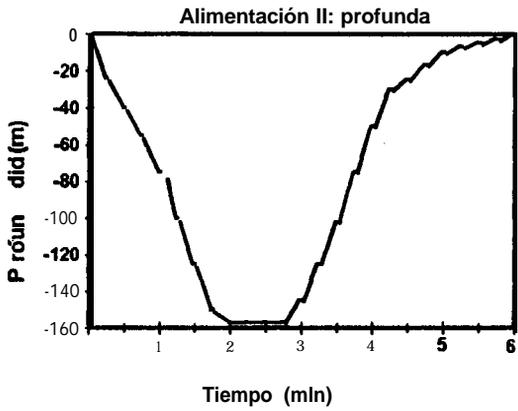
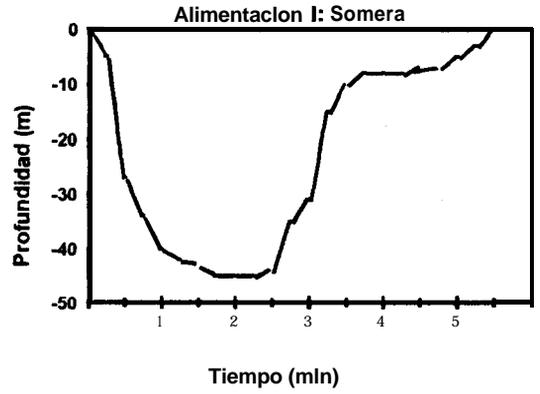
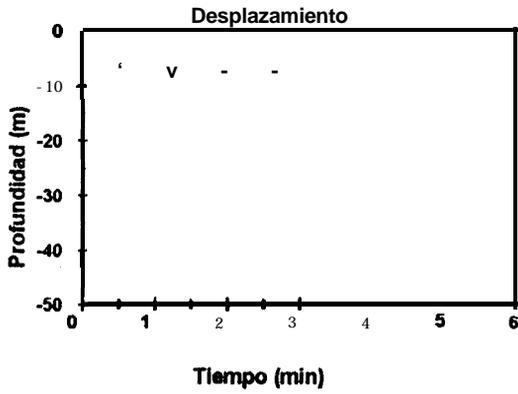


Figura 12. Perfiles de buceo asociados al desplazamiento, alimentación (dos modalidades) y exploración de la Hembra "A".

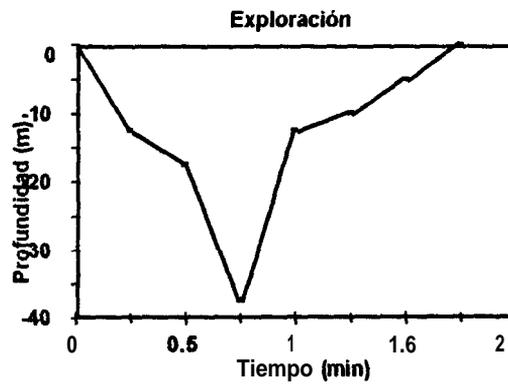
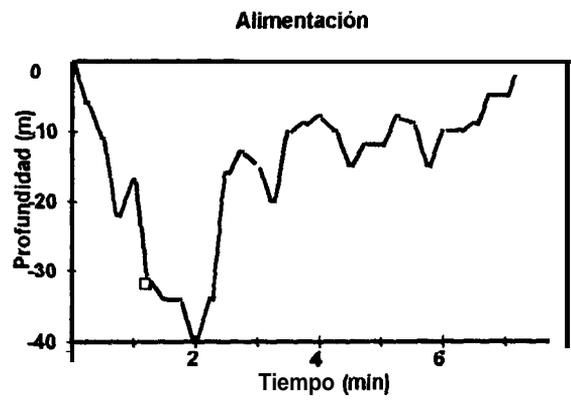
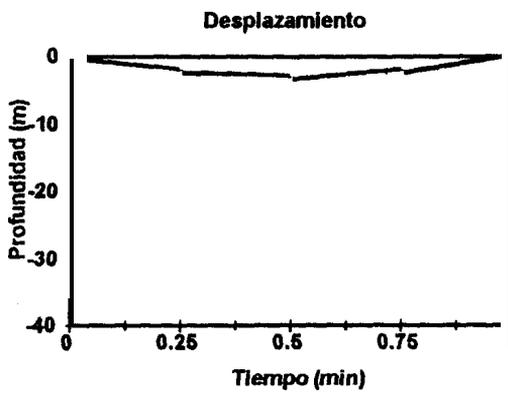


Figura 13. Perfiles de buceo asociados a desplazamiento, alimentación y exploración de la Hembra "B".

En la Tabla 7 se presenta el porcentaje de tiempo dedicado a cada buceo, la profundidad promedio con la desviación estándar así como su frecuencia con respecto al total de buceos, se incluyen los resultados para cada hembra. Puede apreciarse lo semejante que son los resultados para cada una, las diferencias que se presentan son respecto a los tipos de alimentación, aunque al sumar la frecuencia relativa o el porcentaje de tiempo dedicado a los dos tipos de alimentación de la Hembra “A”, estas diferencias también se ven minimizadas.

Tabla 7. Se presenta la frecuencia relativa, el porcentaje de tiempo y la profundidad promedio con su desviación estándar de los tipos de buceo para las dos hembras estudiadas. Desplaza = desplazamiento; Alim somera = alimentación somera; Alim prof = profunda; Explor = exploración.

TIPO DE BUCEO	FRECUENCIA RELATIVA		PORCENTAJE DE TIEMPO		PROFUNDIDAD (m)	
	HEMBRA A	HEMBRA B	HEMBRA A	HEMBRA B	HEMBRA A	HEMBRA B
DESPLAZA	45.2	32.8	27.1	22.08	7 ± 2.33	5.43 ± 1.71
ALIM SOM	37.7	65.6	43.36	75.11	24.9 ± 11.7	14.57 ± 7.15
ALIM PROF	15.4	**	26.67	“	99 ± 28.8	“
EXPLOR	1.7	3.12	2.69	2.78	130.83 ± 9.58	11.5 ± 1.5

En la Figura 14 se presenta el porcentaje de tiempo empleado en cada tipo de buceo por tren de buceo, la barra señalada como “fuera” corresponde a los buceos que no formaron trenes. La numeración de los trenes representa su secuencia cronológica.

Puede observarse que el mayor tiempo de buceo está dedicado a la alimentación, excepto en el tren No. 8: todos los demás trenes presentan buceos de alimentación, la alimentación somera se presentó en 9 trenes (1,2,3,4,5,6,7,9,12) siendo la única actividad registrada en el tren No. 3. La alimentación profunda se presentó en 6 trenes (4,5,7,10,11,12) siendo la actividad casi exclusiva durante el tren No. 11. En el tren No. 8 sólo se observó actividad de desplazamiento, ésta estuvo presente en todos los trenes excepto-en el 3, 10 y el 12. La actividad a la que se dedicó menos tiempo fue la de exploración que se presentó únicamente en 3 trenes (4,7,10). El tiempo dedicado a cada actividad dentro y fuera de los grupos se comparó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnof y se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05\%$).

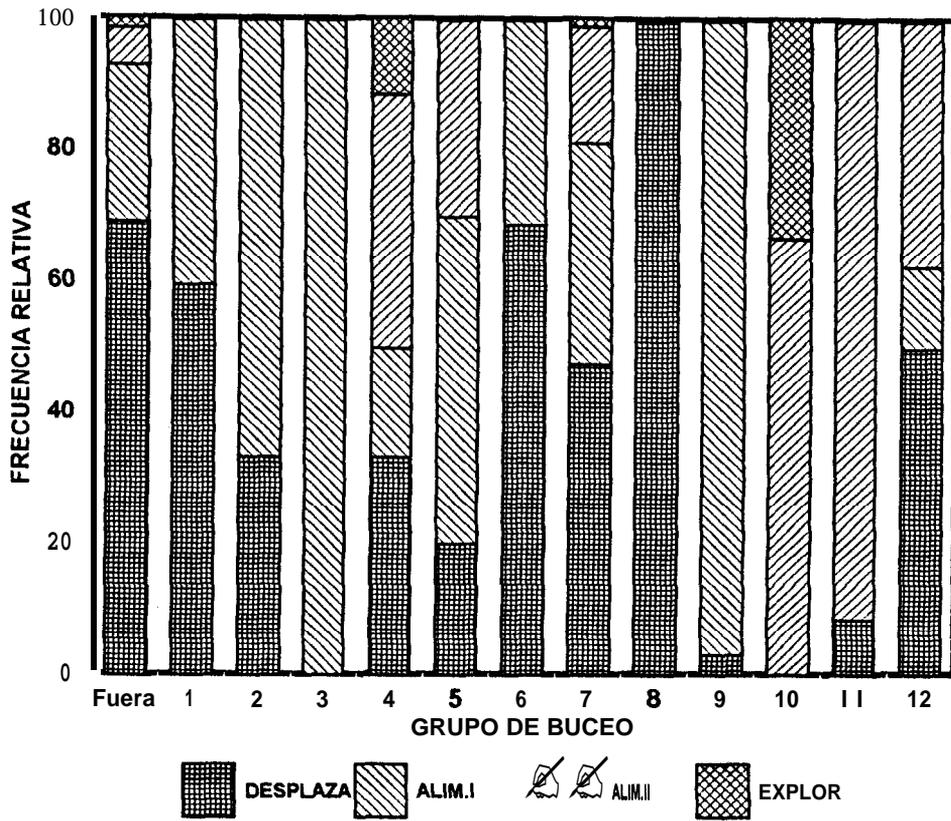


Figura 14. Frecuencia relativa de cada actividad definida por el perfil de buceo dentro de cada uno de los 12 trenes que se encontraron. La barra denominada “fuera” representa todos los buceos que no formaron trenes. El número asignado a cada tren representa su secuencia cronológica.

Para la Hembra “A”, el 73.5% del total de buceos que superaron al LBA fueron de alimentación, y el **88.12%** de los buceos mayores al LBA se encuentra formando parte de los trenes de buceo, para la Hembra “B” todos los buceos mayores al LBA fueron de alimentación y formaron parte del único tren de buceo que se encontró, esta relación podría disminuir el costo real del buceo y confirma la asociación de los trenes de buceo a la actividad alimentaria. Estudios previos (Kooyman y Trillmich, 1986; Feldkamp, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Feldkamp y cols., 1991) indican que, para *Zalophus sp.* del 35 al 41% del tiempo es el desplazamiento, mientras que el buceo ocupa entre 33 y **63.5%**, y el restante para el descanso. En dichos estudios no se incluyó un análisis de perfiles de buceo ni se definen actividades de alimentación y/o exploración, los datos comparativos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Duración y profundidad promedio registradas para hembras de distintas poblaciones de *Zalophus californianus*, entre paréntesis se indica el tamaño de muestra de cada trabajo

POBLACION	% DE BUCEOS EN TRENES	DURACION PROMEDIO	DURACION MAXIMA	PROF. PROMEDIO	PROF. MAXIMA
*COSTA DE CALIF. (9)	88	2.8 min	10 min	20-50	182m
GOLFO DE CALIF. (2)	88.3	3.1 min	15 min	20-50	164m
*ISLAS GALAPAGOS (14)	**	<2 min	6 min	37 m	186m

* No se calculó

* Datos tomados de Kooyman y Trillmich, 1988; Feldkamp y cols., 1989.

v. **Patrones de actividad y descanso.**

Las conductas analizadas fueron:

- a. Actividad (en esta actividad se agruparon cuando caminaba o agredía a otras hembras).
- b. Atención a la cría (lactancias y otras conductas destinadas a la cría).
- c. Reposo (cuando se encontraba dormida o descansando).
- d. Acuática (durante los buceos).

Las conductas a-c se agruparon a partir de la información recabada en las observaciones focales y la d a partir de los datos proporcionados por el TDR. En las Tablas 9 y 10, se resume el porcentaje de tiempo dedicado a cada pauta de conducta desplegada por las hembras A y B respectivamente, uniendo la información **obtenida** del TDR y de las observaciones focales.

Los días que la hembra “A” realizó los viajes de alimentación (19-20 y 22-23) son en los que se observó actividad acuática. También el día 16 realizó buceos ya que después de su liberación, salió de la lobera y estuvo ausente por varias horas del territorio, aunque se le observó en otra zona de Los Islotes, además de que, todos los buceos de ese día fueron de desplazamiento, por lo cual se descarta que haya sido parte de un viaje de alimentación.

Tabla 9. Porcentaje de tiempo por pauta de conducta a lo largo de la semana de registro del TDR. La actividad denominada como “Acuática” corresponde al registro de buceo sin diferenciar entre inmersiones y períodos en superficie.

PAUTA	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21	DIA 22	DIA 23
ACTIVIDAD	4	0	20	6.67	5.33	0	16.67	0
ATENCION A CRIA	24	51.11	0.67	4.1	1.33	62.34	66.67	0
REPOSO	52	64.44	79.33	58.46	33.33	37.66	0	0
ACUATICA	20	0	0	30.77	60	0	16.66	100

En la Figura 15 se presenta el perfil de buceo durante los 8 días de registro, en el

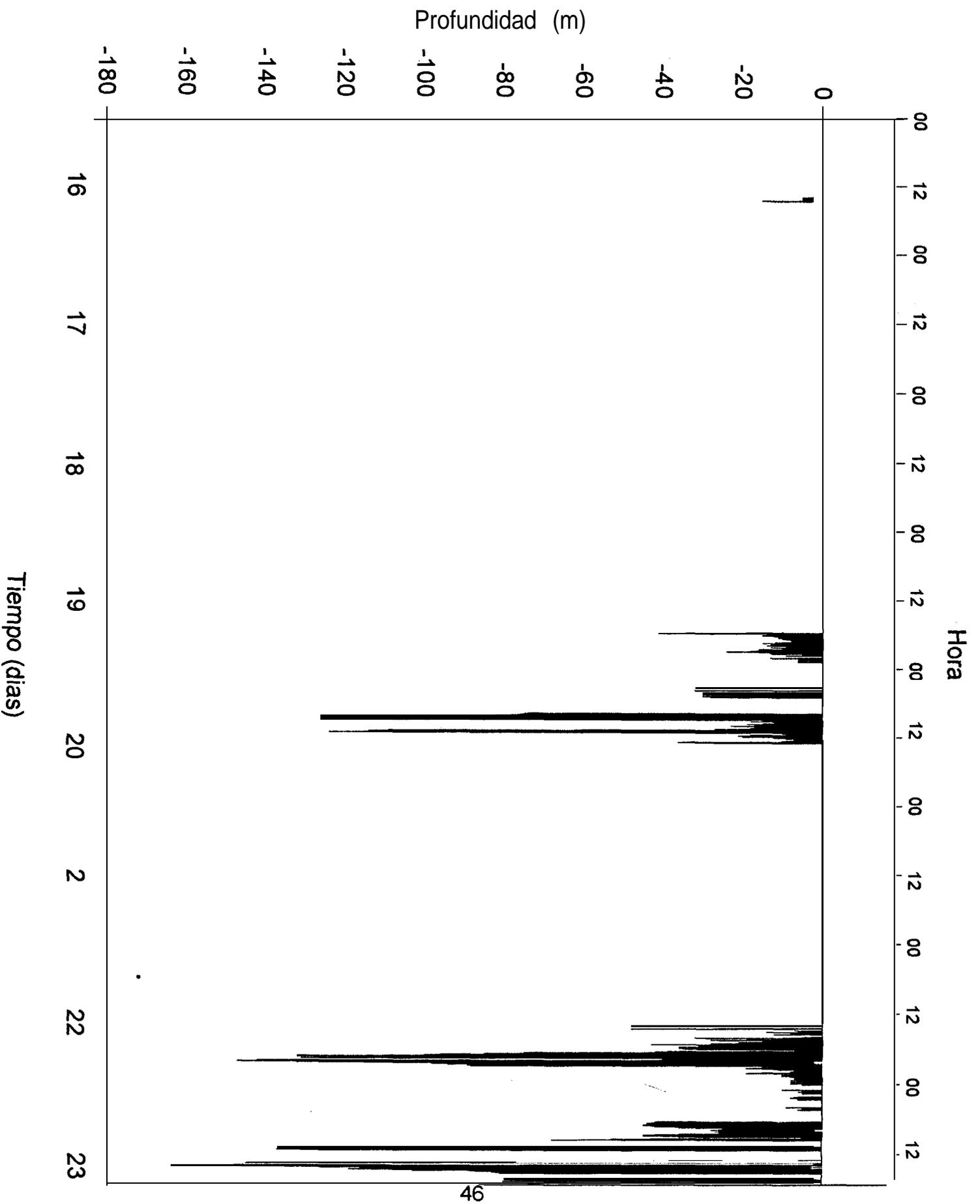


Figura 15. Perfil de buceo de la Hembra A se presentan los 8 días de registro

eje inferior se señalan los días (fechas) de junio que se registró, el eje y es la profundidad en metros, en la parte superior se señalan las “0” y las “12” hrs. de cada día.

En la Tabla 10, **correspondiente** a la Hembra “B” destaca que ésta sólo buceó una noche sin que se registrara esta actividad durante el día, cabe señalar también que si bien, se presenta un porcentaje de atención a la cría elevado (mínimo **25.6%**, máximo **71.04%**), se registraron tan solo 4 eventos de lactancia que sumaron en total **78 min**. Sin embargo, la hembra mantenía a la cría cerca de ella, sin permitir que se alejara y protegiéndola de otras hembras y sin aceptar que otras crías se acercaran.

Tabla10. Porcentaje de tiempo por pauta de conducta a lo largo de la semana de registro del TDR de la Hembra B. La actividad denominada como “Acuática” corresponde al registro de buceo sin diferenciar entre inmersiones y períodos en superficie.

PAUTA	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11
ACTIVIDAD	10	8	3.67	7.35	22	4.6
ATENCION A	25.6	42.67	54.73	30.16	62.34	71.04
CRIA						
REPOSO	64.4	39.33	38.56	33.33	15.66	24.36
ACUATICA	0	0	12.5	29.16	0	0

En el análisis de la actividad de buceo por hora del día, de la hembra A, se realizó en **términos** de la frecuencia, tiempo y profundidad máxima del buceo por hora del día (Figura 16). Con los datos de la Hembra A, en cuanto a la frecuencia de buceo, primera gráfica a la izquierda, se encontraron dos períodos diarios con mayor número de buceos, el primero con su máximo entre las 6 y 7 hrs, un período de baja frecuencia de buceo con su menor nivel hacia las 12 hrs y el segundo incremento alcanzó su máximo entre las 17 y las 19 hrs, y una disminución posterior. Un comportamiento semejante se encontró al analizar el porcentaje de tiempo por hora del día que buceó. Al **graficar** el promedio de las profundidades máximas que alcanzó por hora del día, se observa que durante las horas de oscuridad los buceos fueron someros y que no sólo buceó pocas veces durante la noche sino que fue poco el tiempo que empleó, en tanto que **los buceos** entre los 20 y 40 m fueron los más frecuentes y de mayor duración. Los buceos más profundos fueron menos frecuentes y con menor tiempo dedicado, ocurrieron hacia el mediodía.

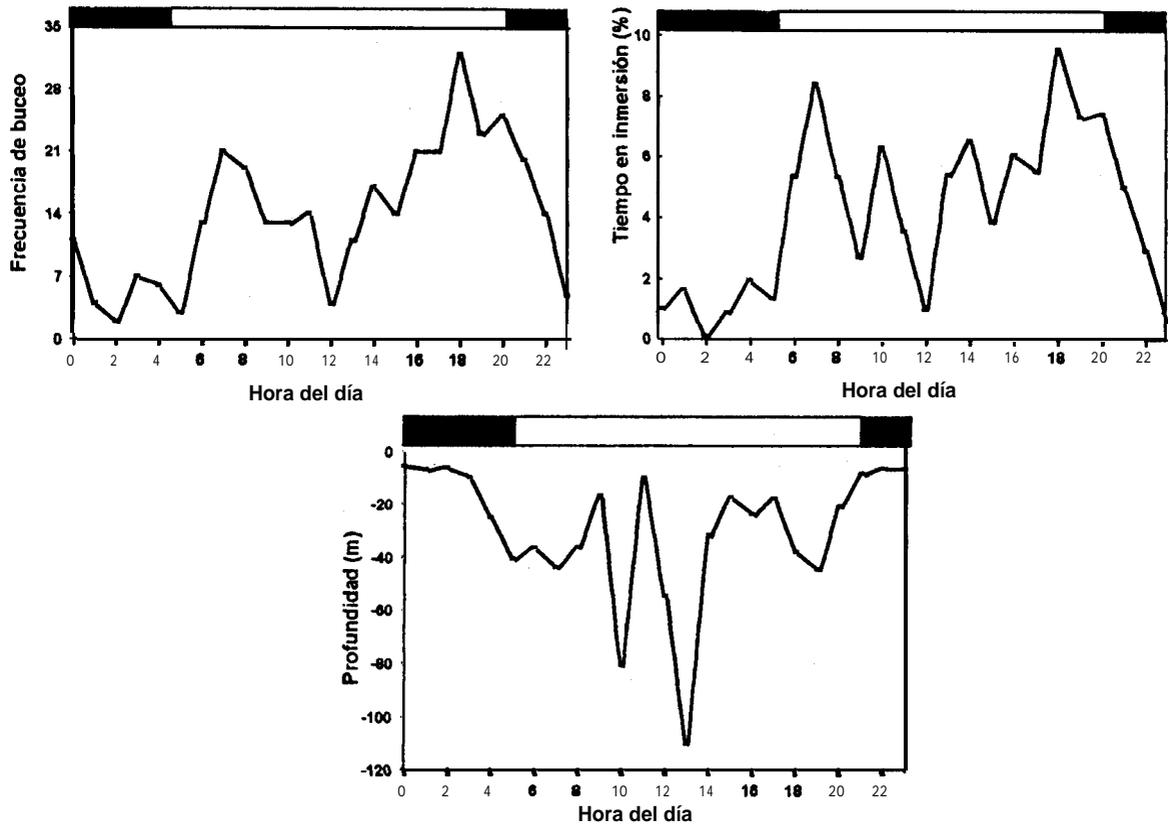


Figura 16. Gráficas de frecuencia relativa de buceo, porcentaje de tiempo y profundidad máxima de buceo con respecto a la hora del día. En las tres gráficas, las barras negras superiores representan las horas de oscuridad.

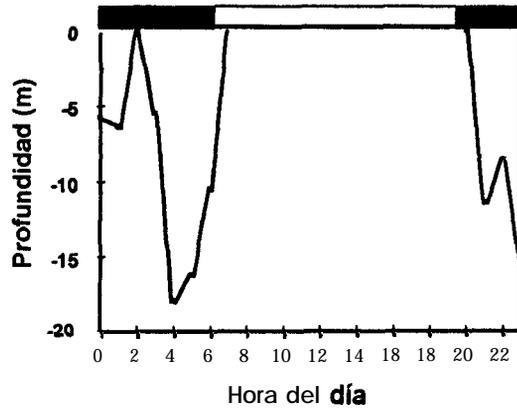
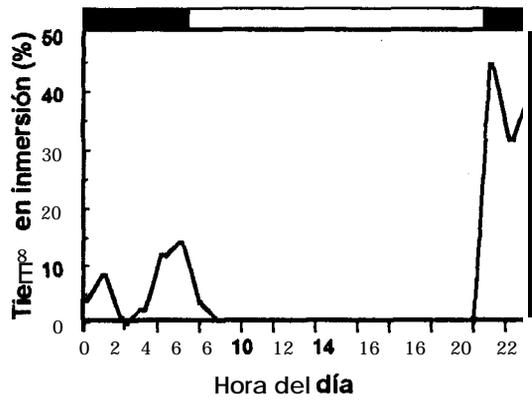
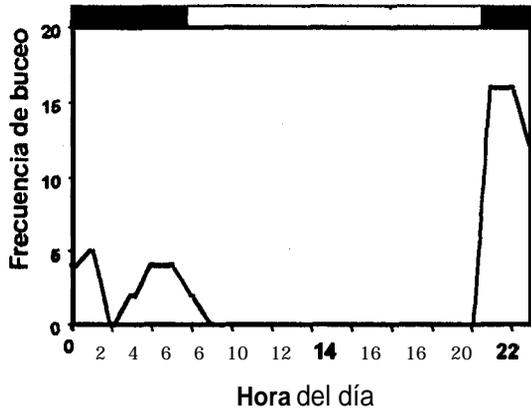


Figura 17. Gráficas de la frecuencia relativa de buceo, porcentaje de tiempo y profundidad máxima con respecto a la hora del día (Hembra **B**). En las tres gráficas, las barras negras superiores representan las horas de oscuridad.

En los resultados correspondientes a la Hembra B (Figura 17), con respecto a la frecuencia de buceo a lo largo del tiempo de registro, la mayor parte de los buceos se llevaron a cabo entre las 21 y 23 hrs, sin que se registrara actividad durante el día. También se observan diferencias con respecto a la profundidad máxima promedio alcanzada a cada hora como puede observarse en la Figura 17, en donde se ve que las máximas profundidades se alcanzaron entre las 4 y 6 de la mañana, y las menores entre las 0 y 3 am. Se observan diferencias con respecto a la profundidad máxima promedio alcanzada a cada hora ya que las máximas profundidades se alcanzaron entre las 4 y 6 de la mañana, y las menores fueron entre las 0 y 3 am.

A partir de la clasificación en tipos de buceo se analizó el tiempo dedicado a cada actividad en el mar para ambas hembras:

Hembra A: de 22:00 a 02:00 hrs, la única actividad fue el desplazamiento, a partir de las 03:00 hrs hubo actividad de alimentación tanto somera como profunda, como puede apreciarse en la Figura 18. Los buceos exploratorios fueron los de menor frecuencia y el tiempo dedicado fue menor, lo que podría sugerir que el animal conoce el área a donde acude a alimentarse, además de que, como se comentó en cuanto a los hábitos alimentarios, es muy posible que su disponibilidad sea tal que la necesidad de invertir energía en exploración sea mínima.

Se puede observar en la Figura 19 como se modifican las actividades de la Hembra B conforme transcurrió la noche tanto en frecuencia y profundidad máxima promedio como en tiempo dedicado a cada una de ellas, la actividad a la que menos tiempo se le dedicó fue la exploración, y que el tiempo dedicado la actividad de alimentación fue el doble que al desplazamiento así como que la mayor actividad se desarrolla durante las primeras tres horas del registro.

En las gráficas de series de tiempo elaboradas con los datos de la actividad de buceo de la Hembra A, se observa un comportamiento periódico con componentes de alta y baja frecuencia con cierta variabilidad en la amplitud de las oscilaciones. El inicio de la actividad es entre las 12 y 18 hrs, y presenta un comportamiento bimodal, ya que se

observan dos máximos: al entrar y al salir del agua. Se hicieron tres tipos de análisis con bases matemáticas diferentes: Periodograma de Enright, Espectro de potencia y Cosinor.

Los datos del Periodograma de Enright y el Espectro de Potencia se presentan en la Tabla II.

Tabla 11. Períodos encontrados para cada variable empleando el periodograma y el espectro de potencia

VARIABLE DE BUCEO (HRS)	PERIODOGRAMA	ESPECTRO DE POTENCIA
FRECUENCIA	15, 24.8	7.5, 16, 24
TIEMPO	15.7, 24.9	7.4, 12.12, 16.13, 24
PROFUNDIDAD MEDIA	17.92, 23.89	8.77, 12, 16.13, 24
PROFUNDIDAD MAXIMA	16.9, 23.84	8.7, 10.74, 16.13, 24

Los máximos resultantes son múltiplos de 4 hrs (8, 12, 16 y 24). Los más importantes son de 16 y 24 hrs. Dado que estos resultados se repiten en las tres pruebas, se considera que no son artificios de las pruebas matemáticas. Sin embargo, aunque para el periodograma la prueba de Xi cuadrada no es significativa debido al tamaño de muestra, el cosinor encuentra significativos ($p < 0.05\%$) los ajustes hechos para un período de alrededor de 16 hrs (Tabla 12).

Tabla 12. Resultados de la prueba Cosinor .

VARIABLE (HRS)	PERIODO ($p < 0.05$)	MESOR	AMPLITUD	%AJUSTE	SIGNIFICANCIA
FRECUENCIA	16.5	10.5	10.5	20.6	SI
TIEMPO	16.2	3.49	3.2	18.8	SI
PROF. MAXIMA	16.7	21.2	26.26	23.3	SI
PROF. MINIMA	17.0	12.3	13.5	18.0	NO

Donde mesor es la amplitud media (valor sobre el que oscila la sinusoide).

Los ajustes son bajos debido a que la forma de los datos no se parece a una cosinusoide, sin embargo para la frecuencia, el tiempo y la profundidad máxima fueron significativos (Prueba de F). En este análisis se encontró que el período más importante fue el de 16 hrs. Este análisis no se pudo aplicar a la actividad registrada para la Hembra B debido, nuevamente, a la poca actividad que desarrolló mientras tuvo el equipo colocado.

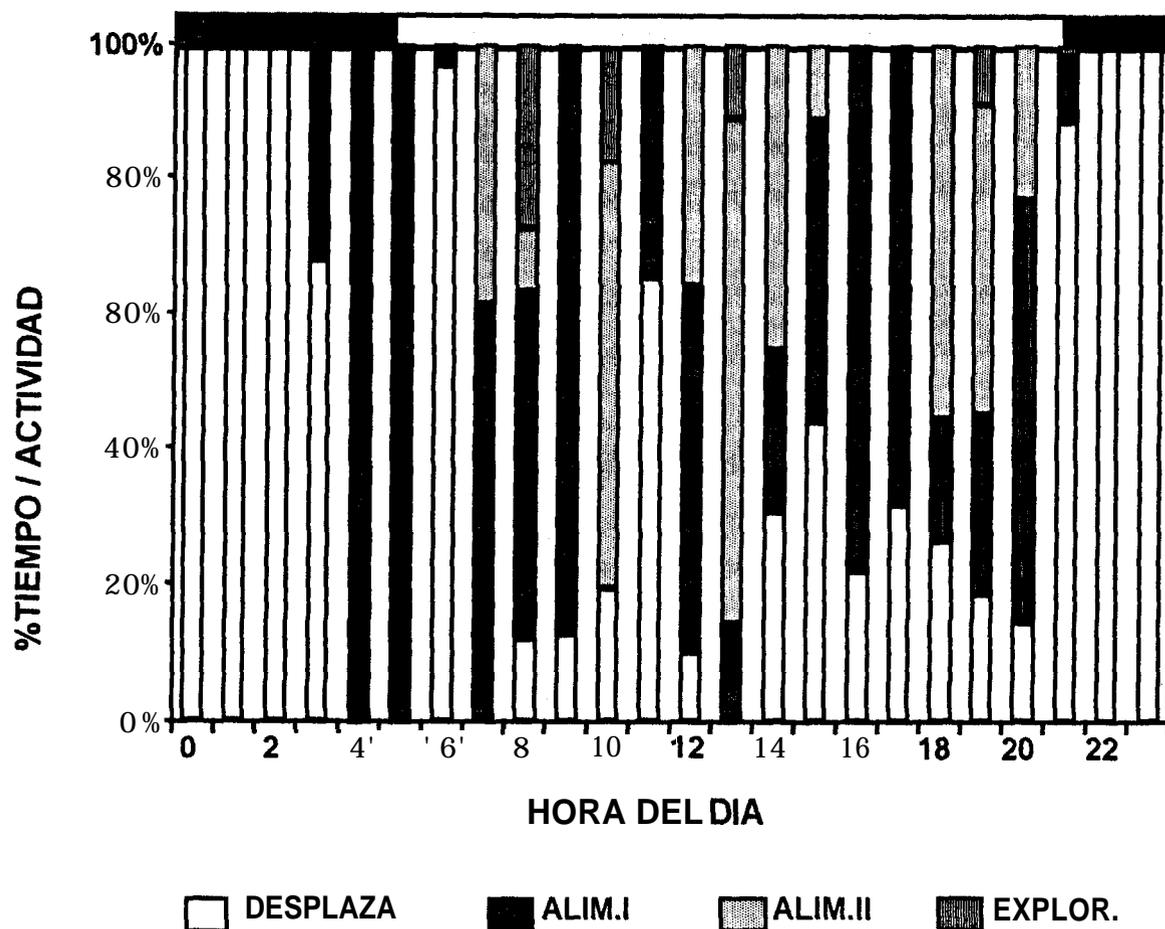


Figura 18. Actividad realizada por la Hembra A con respecto a la hora del día. Las barras negras superiores representan las horas de oscuridad, nótese la mayor importancia de desplazamiento durante las horas de oscuridad y el aumento en la alimentación durante las horas de poca intensidad de luz.

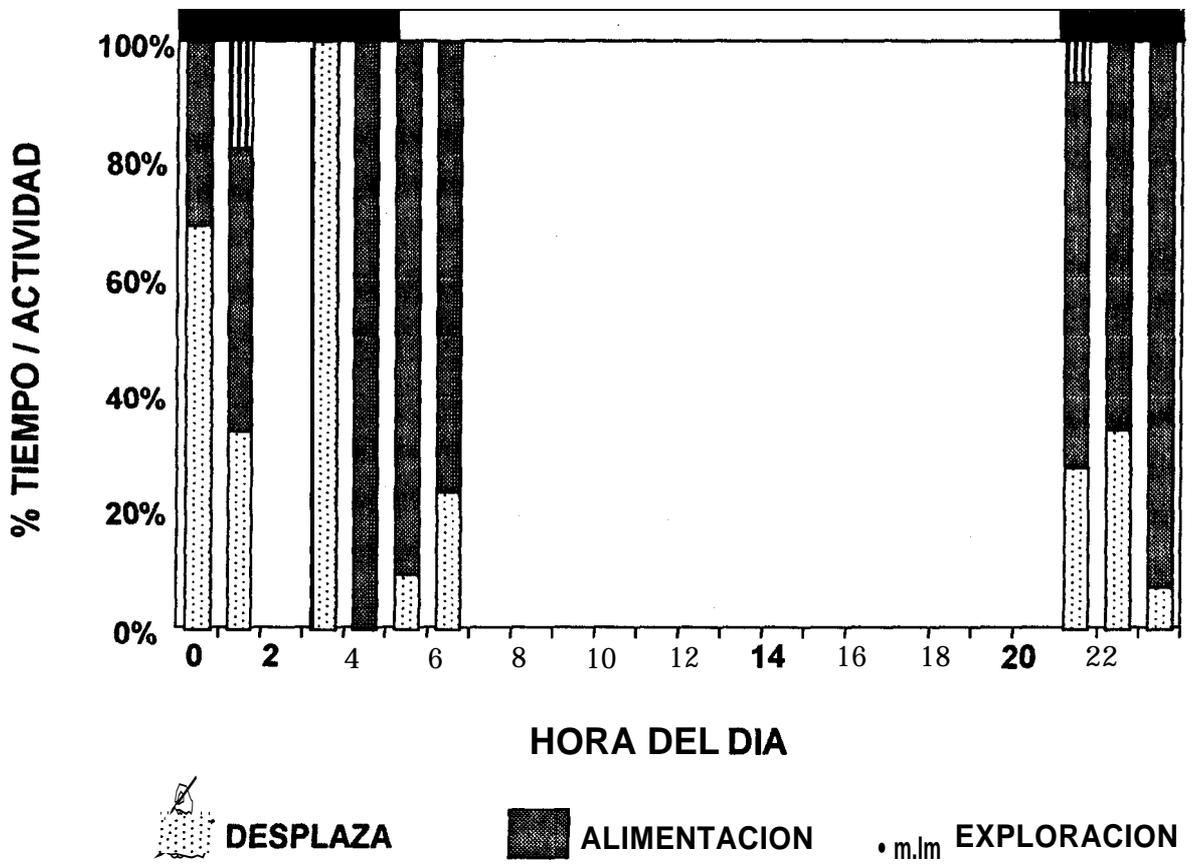


Figura 19. Actividad realizada por la Hembra B con respecto a la hora del día. Las barras negras representan las horas de oscuridad. Solo se registró actividad durante una noche, encontrando la mayor actividad de alimentación durante las primeras horas de la noche.

vi. **Area probable de alimentación**

Para poder hacer una estimación de la distancia que recorrieron las hembras durante sus viajes de alimentación se emplearon los siguientes resultados de este trabajo, datos bibliográficos y algunos supuestos:

- ◀ El tiempo transcurrido desde que el animal entró al agua y realizó **a)** el primer episodio de alimentación y **b)** el primero dentro del **1er.** tren de buceo (dato de este trabajo).
- El tiempo transcurrido desde el último evento de alimentación en los trenes de buceo y el regreso del animal a tierra (dato de este trabajo).
- ▶ La velocidad de transporte a un costo energético mínimo para una hembra de masa similar es de **3 m/seg, (=9km/hr)**, (Feldkamp, 1986).
- El animal nadó en línea recta y a velocidad constante hasta que empezó a alimentarse (ésta suposición tiende a sobreestimar el resultado).

Para la hembra "**A**" se calculó lo que se denominó Distancia Máxima (DM), para la cual se consideró el tiempo que transcurrió desde que el animal entró al agua hasta que empezó a alimentarse en el primer tren de buceo (primer buceo de alimentación); con la velocidad de costo mínimo de transporte, el tiempo se **transformó** a distancia en **kilómetros**. Se **calculó** también la Distancia Mínima (Dm), para la que se consideraron los eventos de alimentación que no se encontraban formando parte de los trenes de buceo.

A partir del tiempo transcurrido desde el último evento de alimentación dentro del **6º** tren, se calculó la distancia que nadó la hembra de regreso al territorio (12.6 km), cabe señalar que **después** del último evento de alimentación dentro del tren, para el **1er** viaje se encontró que la única actividad fue de desplazamiento (Tabla 14). Durante el regreso **del 2º** viaje se registraron dos eventos más a 0.75 km de la lobera. Se denominó Franja de Alimentación al área entre la DM (19.8 km) y el último episodio de alimentación (12.6 km).

La DM calculada para los dos viajes de la Hembra A fue de 19.8 y 18.45 km,

respectivamente, la Dm calculada fue de 2.14 y 0.75 km para el 1er y 2º viaje (Tabla 13 y Figura 20).

Para la Hembra B se observa que el primer episodio de alimentación formaba parte del tren de alimentación, por lo que solo se hace referencia a una distancia de 1.69 km y la correspondiente al último evento de alimentación y su regreso a tierra fue de 0.975 km, (Figura 21). También se calculó la distancia recorrida entre trenes de buceo suponiendo también que el nado fue en línea recta y mantuvo una velocidad constante, para cada viaje de alimentación.

Tabla 13. Distancia Máxima y mínima entre trenes de buceo de los viajes de alimentación de la Hembra A (19-29 y 22 y 23 de junio '96)

TRENES	DM (km)	Dm (km)
Entrada al agua – 1º	19.8	2.137
1º - 2º	0.637	0.3
2º - 3º	2.58	1.725
3º - 4º	0.675	--
4º - 5º	0.81	0.45
5º - 6º	2.34	--
6º - Regreso al territorio	12.6	--
Entrada al agua – 7º	18.45	0.75
7º - 9º	4.02	--
9º - 10º	2.925	0.48
10º - 11º	1.125	--
11º - 12º	3.6	0.75

-- significa que no hubo eventos de alimentación entre esos trenes, la única actividad asociada fue desplazamiento. El tren 8 no se incluye ya que en el sólo se presentó la actividad de desplazamiento.

Se observa que la DM entre trenes es variable y puede ser interpretada en términos de disponibilidad de alimento, en el 1er viaje de alimentación, se podría pensar que fue bastante exitoso en términos energéticos, ya que la hembra A no tuvo que desplazarse demasiado de un lugar de alta concentración (parche) de alimento a otro, más aún al calcular la distancia mínima, destaca que no todos los eventos de alimentación están comprendidos dentro de los trenes lo cual puede llevar a hacer más eficiente esta estrategia alimentaria. Durante el 2º viaje la distancia entre trenes es mayor a 1 km en todos los casos, se observa nuevamente que entre trenes de

buceo hay pocos eventos de alimentación, en este viaje la disponibilidad de alimento fue menor dentro de la misma franja de alimentación, ya que los trenes de buceo de este viaje incluyeron mayor número de inmersiones y fueron de mayor duración que los de trenes que formaron el 1 er viaje de alimentación (Tabla 14), el aumento en número de buceos aumenta la probabilidad de encuentro con las presas y se compensa la falta de estas aumentando la duración del tren.

Tabla 14. Duración promedio y número promedio de inmersiones por tren para cada viaje de alimentación de la hembra A.

VIAJE DE ALIMENTACION	DURACION (min)	# INMERSIONES
1°	74.46 ± 46.68	17.75 ± 11.77
2°	155.5 ± 176.5	27.5 ± 28.38

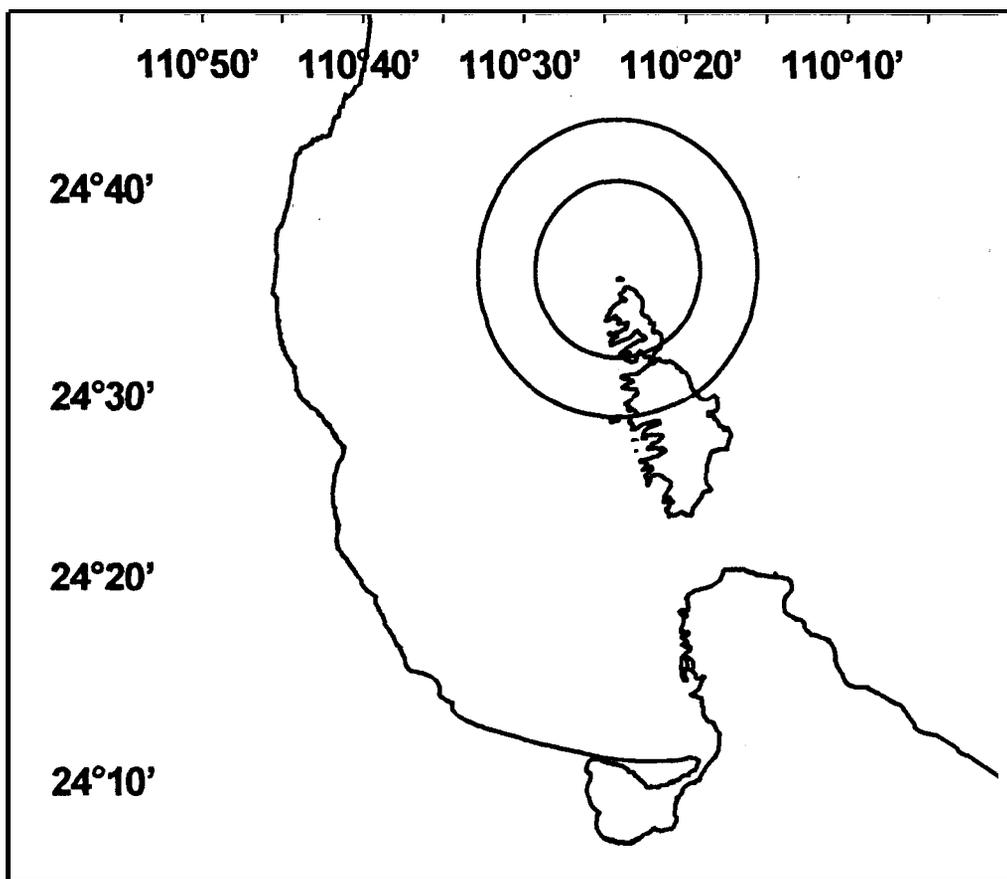


Figura 20. Franja de alimentación de la Hembra "A", el círculo interno tiene un radio de 12 km y el externo de 19 km, concéntricos en Los Islotes.

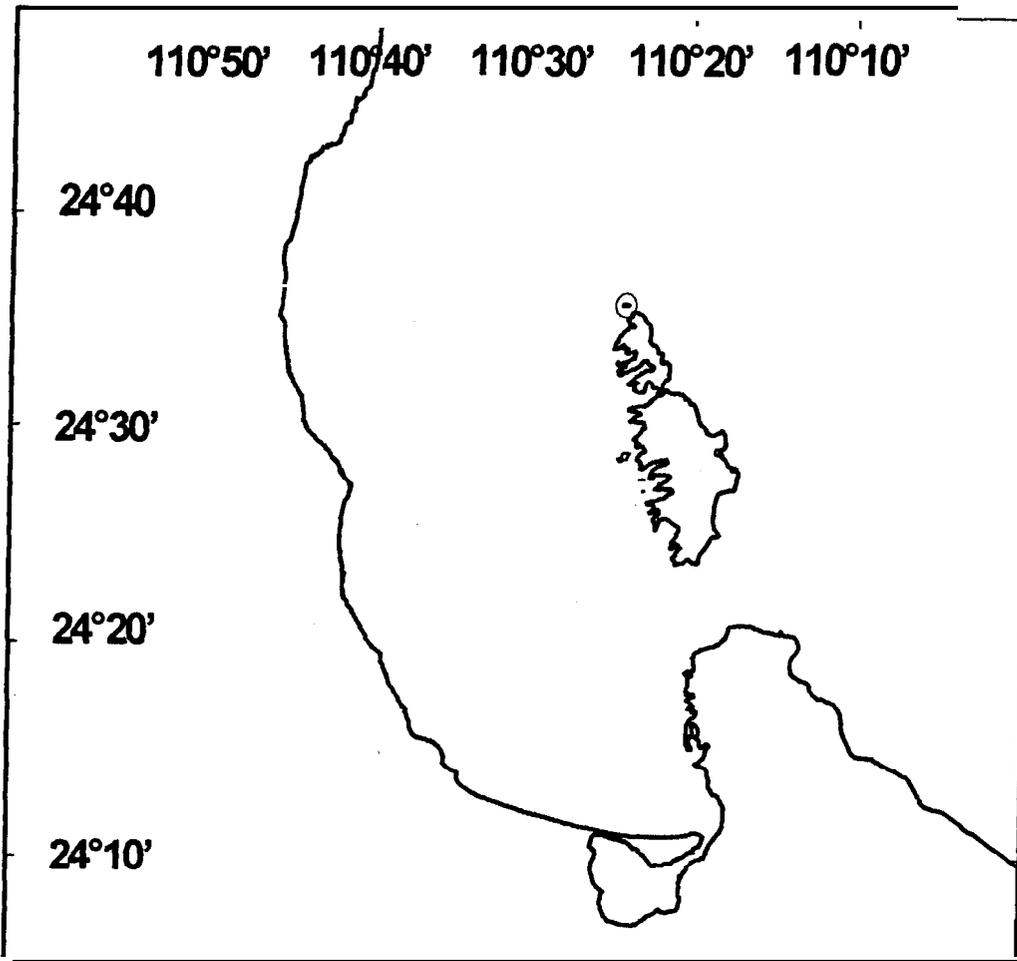


Figura 21. El área calculada de alimentación de la hembra "B" está dentro de un círculo de 2 km de radio.

IX. DISCUSION

El objetivo de este estudio fue buscar la relación entre los buceos de alimentación de las hembras del lobo marino con los hábitos alimentarios, así como la temperatura y salinidad del agua durante el verano, cuando se llevan a cabo los principales procesos del ciclo reproductivo del lobo marino: partos y cópulas. Las crías recién nacidas dependen de sus madres para alimentarse y crecen, en promedio, 170 gr diarios. Las hembras realizan viajes al mar para alimentarse y obtener la energía necesaria para su propio mantenimiento y el de su cría.

Para cumplir con dicho objetivo se trató de determinar el probable efecto de la temperatura y salinidad del agua en la actividad subacuática y sobre las especies que formaron parte de la dieta del lobo marino. Los perfiles de buceo se **asociaron** con el desplazamiento, alimentación y exploración, así mismo se analizó el tiempo dedicado a cada actividad a lo largo del **día**. Finalmente, se integró la relación entre actividad de buceo, espectro trófico y temperatura y salinidad del agua con la disponibilidad de alimento. Las premisas que guiaron el trabajo fueron: a) la estrategia de buceo que adoptan las hembras con cría tiende a ser eficiente, y como consecuencia: b) la duración y profundidad de los buceos de alimentación refleja la disponibilidad de presas.

i. Variables ambientales

Las variables ambientales consideradas, temperatura y salinidad del agua, tienen una relación indirecta con las estrategias alimentarias de las hembras de lobo marino, en términos de que son responsables de las características fisicoquímicas del agua y juegan un papel principal en la distribución y abundancia de los animales marinos (Sverdrup y cols., 1940; Friedrich, 1973; Cushing, 1995; Amezcua, 1996). Si bien la salinidad no afecta al lobo marino *per se*, en teoría puede ser una limitante para la distribución de sus presas, los cambios en temperatura si pueden tener un mayor significado para el lobo marino, cuya temperatura crítica inferior (TCI) reportada es 18°C (Feldkamp, 1986), temperatura que en 1996 se alcanzó a los 75 m y en 1997 a los 85 m, esto significa que todos aquellos buceos de mayor profundidad, significan estrés térmico y un mayor consumo de energía

para los animales.

En la zona de **estudio**, en 1996 se observó que el agua provenía del Golfo de California (Cano, 1991, Lavín, 1997). En 1997 se encontró modificada, ya que los valores de temperatura y salinidad registrados fueron mayores que en 1996, éstas diferencias se atribuyen al presente episodio de El Niño.

Las variaciones en ambos factores detectadas durante el trabajo no fueron, sin embargo, determinantes en la abundancia y distribución de los organismos presa del lobo marino ya que fueron pequeñas (Tabla 2). El máximo cambio de salinidad en la columna de agua fue de **0.60/‰**, el de temperatura fue de **15°C** en 1996, pero hay que considerar que varias especies son bentónicas y los cambios de temperatura de la columna de agua no les afectan. Por otra parte, diversas especies presentan migraciones verticales diarias que responden a cambios en la distribución vertical del plancton, a su vez relacionados con la cantidad de luz' y por lo tanto se someten a cambios diarios de temperatura (Friedrich, 1973; Amezcua, 1995).

ii. Hábitos alimentarios

Las especies que se encuentran formando parte del espectro alimentario del lobo marino en Los Islotes durante el verano de los años en que se realizó este estudio, se encuentran en ambientes tropicales, subtropicales y templados, esta asociación ha sido la razón por la que diversos autores suponen la existencia de una zona denominada de "transición templado tropical", (Castro-Aguirre y cols., 1993). Si bien en 1997 se observó un mayor número de especies tropicales que en 1996, este es un fenómeno que podría no ser atribuido únicamente al incremento en temperatura registrado, sino que cabría considerar aspectos biogeográficos relacionados con esta supuestas zona de transición (comentados en Castro-Aguirre y cols., 1993 y Castro-Aguirre y Balar-t, 1996) ya que ninguna de estas especies es nueva dentro de las presas conocidas del lobo marino. Por otra parte, estos mismos autores recalcan la falta de estudios biogeográficos en zonas de fondos pedregosos costeros, que son abundantes en la Bahía de La Paz (Figura 6), la cuál presenta gran diversidad de biotopos y estacionalidad en las variaciones de

temperatura del agua. También señalan la falta de estudios en zonas profundas y sobre especies de poca importancia comercial.

En 1997 se observaron cardúmenes de sardina (*Sardinops sagax*) entre 7 y 12 cm de longitud total, en las cercanías de la lobera y **así como** grupos de lobos y aves marinas alimentándose de ellas. Aunque no se identificó a esta presa entre los otolitos examinados, esto pudo deberse a que los ejemplares eran juveniles y sus otolitos son pequeños y se desgastan y fragmentan durante la digestión y la probabilidad de encontrarlos disminuye. estas estructuras sufren desgaste en una relación directa a su tamaño inicial (García-Maldonado y Auriolles, datos no publicados) y esto complica o hace imposible su identificación. En general hay un porcentaje de recuperación muy bajo (tan sólo de 21.8%) para el caso de los otolitos de sardina (García-Rodríguez, 1995; García-Maldonado, 1997; Tollit y cols., 1997).

Si bien se observaron diferencias en la composición de presas entre ambos años, hay una constancia con respecto a la aparición de presas importantes como *Pronotogrammus eos*, *Porichthys notatus*, *Aulopus bajacali* y *Selar crumenophthalmus*, que se han señalado en otros trabajos como presas importantes en Los Islotes (Auriolles y cols., 1984; García-Rodríguez, 1995; Orr, 1998). Otras especies como *Porichthys notatus*, han sido reportadas de importancia en otras loberas como Isla Los Coronados (De Anda, 1988). El conocimiento del espectro alimentario del lobo marino es relevante para una comprensión integral de la conducta de buceo.

iii. Efectos de la instrumentación

En 1996 se trabajó con dos hembras a las que no se les colocó los TDRs, un testigo de manipulación controlada y otro sin manipulación, para comparar las medias de la duración de los viajes de alimentación se incluyeron datos de otras dos hembras, lo cual permitió evaluar el efecto de la instrumentación. Tomando en cuenta la duración y frecuencia de los viajes de buceo, no se encontraron **diferencias** significativas (prueba de t, $t=-0.321$; $df= 3$; $P=0.384$, $n=8$). Cabe señalar que el día de la captura, después de haber sido liberada la hembra "A" salió al agua y tardó unas horas en regresar, se mantuvo en

otra zona de la lobera y los buceos que efectuó fueron de desplazamiento, después regresó y su conducta no fue diferente de las otras hembras que tenían el equipo.

En 1997 no fue posible registrar salidas más que de una hembra marcada sin manipulación y se encontró una diferencia del doble de duración del viaje de alimentación. Estas diferencias, al igual que las **señaladas** en cuanto a los demás aspectos de la conducta de buceo de la hembra "**B**", pudieron ser debidas a:

- Respuesta diferencial al manejo y administración de los anestésicos empleados para controlar a los animales mientras se les colocó el equipo y se tomaban sus medidas.
- Condiciones **atípicas** de disponibilidad de alimento (sardinias) en la zona durante 1997.

iv. Patrón de buceo

Las características del patrón de buceo de la hembra "**A**" fueron muy similares a las descritas para otras especies de otáridos, en particular para hembras lactantes de *Z. californianus* en las Costas de California (Feldkamp, 1986; Feldkamp y cols., 1989) y *Z. c. wollebaeki* en Islas Galápagos (Kooyman y Trillmich, 1986) (Tabla 7). Sin embargo, la hembra "**B**" presentó diferencias en su conducta de buceo con respecto a la frecuencia y duración de los viajes de alimentación. Sin embargo, las profundidades a las que la hembra "**B**" buceó, se encontraron dentro del intervalo considerado de alimentación (20-50 m) (Feldkamp, 1986; Kooyman y Trillmich, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Feldkamp y cols., 1991). La observación antes señalada de la presencia de cardúmenes de sardina y grupos de aves y lobos alimentándose de ellas, y los informes de que la alimentación es más exitosa cuando se forman agrupaciones y se concentra a las presas en zonas poco **profundas** (Gentry y Kooyman, 1986; Pierotti, 1988) sugieren que la conducta de buceo que presentó esta hembra fue propiciada por el cambio en la disponibilidad y densidad alimentaria en ese momento específico.

El Límite de Buceo Aerobio (LBA) se puede **calcular asumiendo** que las reservas de O_2 son semejantes entre especies, por lo que se emplea una ecuación basada en la masa corporal (Gentry y cols., 1986; Ponganis y cols., 1992a; Lydersen y Kovacs, 1993;

Gallo-Reynoso, 1994). En este trabajo el cálculo incluyó una estimación gruesa de la tasa metabólica relativa, mientras que los valores iniciales de reserva de O_2 , se tomaron de hembras de la misma especie y masas semejantes. De esta manera, el cálculo del LBA es más aproximado, aún cuando la forma de corroborarlo, tomando valores de lactato en sangre, no se llevó a cabo (Feldkamp y cols., 1989; Castellini y cols., 1992; Ponganis y cols., 1992b; Ponganis y cols., 1993; Durán-Lizarraga, 1995). Ambas hembras mostraron un patrón de buceo principalmente aerobio, con un 10.12% y 4.69% de buceos que se presumen anaerobios en los que pudo haber una producción de lactato, (hembras A y B, respectivamente). Estos valores fueron semejantes a los encontrados para la misma especie: 4 - 9% en California y Galápagos (Kooyman y Trillmich, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Feldkamp y cols., 1991). A pesar de las diferencias que se observaron entre las dos hembras (frecuencia y duración de los viajes de alimentación, profundidad de buceo), los valores de duración de las inmersiones y el porcentaje de buceos anaerobios, son semejantes al mencionado en otros estudios con esta especie (Kooyman y Trillmich, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Feldkamp y cols., 1991) (Tabla 9).

Entre la duración de la inmersión y el tiempo de recuperación no se encontró relación alguna, por lo que se esperaba que la recuperación fuera directamente proporcional a la duración de buceo, sin embargo los más largos presentaron intervalos en superficie post buceo menores que los que se encuentran dentro del LBA. Esto pudo estar influenciado por la dominancia de buceos aerobios que no requieren largos tiempos de recuperación. Los puntos que indican inmersiones largas con tiempo de recuperación cortos pueden ser interpretados como:

- El LBA fue subestimado. Este ha sido el caso particular de especies de fócidos como la foca gris o el elefante marino que presentan estrategias alimentarias diferentes a las de *Z. californianus*, además de que el cálculo contempla únicamente reservas de O_2 sanguíneo y los fócidos en general, almacenan más O_2/kg de masa corporal que los otáridos debido a la mayor concentración de mioglobina en músculos cuya estimación es compleja (Kooyman y cols., 1980; Kooyman y cols., 1983; Le Boeuf y cols., 1986; Le Boeuf y cols., 1988; Le Boeuf y cols., 1989; Renouf, 1991; Thompson y Fedak, 1993).

- Debido al descenso en el metabolismo asociado a buceos prolongados durante el buceo, no se llega a sobrepasar el LBA, por lo tanto los buceos se mantienen aerobios (Hochachka y Guppy, 1987). Esta afirmación se ha sostenido para el caso de buceadores **como** la foca gris (Thompson y Fedak, 1993) que presentan una importante disminución en su metabolismo, favorecida por la estrategia alimentaria en la que el animal no **efectúa** más ejercicio que el que compromete llegar a una profundidad a la cual “espera que pasen su presas” y volver a la superficie. El lobo marino tiene, como estrategia alimentaria, la **persecución** de sus presas, lo que significa una mayor actividad que, además es mantenida por lapsos mucho menores a la foca gris.

- Los buceos largos fueron seguidos, frecuentemente, por cortos y repetidos que se consideran de recuperación en términos de que permiten una eliminación de lactato a una velocidad similar a la que se llevaría a cabo si permaneciera en superficie (Hochacka y Guppy, 1987; Castellini y cols., 1988; Castellini y cols., 1992).

La hembra **"A"** realizó buceos en los que se encontró fuera de su límite termoneutral, es decir, estuvo bajo condiciones que se asocian a estrés térmico, aproximadamente en 21.5% de los buceos. Aún teniendo en cuenta que el tiempo que pasó en esas condiciones fue variable, este factor juega un papel importante en la frecuencia de los buceos profundos ya que energéticamente representaron un costo extra. Los buceos que excedieron al LBA (10.12%) también tuvieron un costo extra pero en términos de deuda de O₂. Al conjuntar esta información se observa que tan sólo 5.1% del total de buceos excedieron ambos factores y significaron una mayor inversión de energía. De acuerdo a las características que permiten hacer eficiente la actividad de alimentación (Krebs y **Davis**, 1979; Gentry y Kooyman, **1986**), y suponiendo que las características de los buceos reflejan los costos-beneficios de los mismo, se esperaría que en **los** buceos largos y profundos se capturaran presas grandes, muy ricas en contenido calórico o se encontraran en mayor cantidad.

v. **Trenes de buceo**

El perfil de buceo de la hembra **"A"** fue semejante (Figura 15) al que ha sido

indicado **para** otras especies de otáridos (Gentry Kooyman, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Gallo-Reynoso, 1994), y se encontraron 12 trenes de buceos en los dos viajes de alimentación registrados. La hembra "**B**" realizó un solo viaje de alimentación con una duración menor de la mitad de los viajes de la hembra "**A**", y únicamente se encontró un tren de **buceo** que agrupó los efectuados durante la primeras horas de su actividad. Como lo **indicaron** Feldkamp (1986) y Feldkamp y cols., (1989), la mayoría de los buceos de la hembra "**A**" se encontraron formando trenes y la variabilidad en su duración y profundidad dentro de cada tren se redujo, y esta variabilidad no tuvo ningún cambio una vez agrupados los buceos de la hembra "**B**" en trenes y comparada con la de los que no formaron trenes.

Las variables duración y profundidad de buceo son parámetros que se interpretan en términos de la conducta alimentaria de los animales en la que cada una tiene un significado distinto al respecto:

- La duración presenta menos variaciones, y se entiende como la combinación de la distribución vertical de las presas, su densidad o **tasa** de encuentro y la capacidad aeróbica propia del individuo.

- La profundidad es la característica más variable y refleja la distribución vertical de las presas (Boveng y cols., 1996).

La reducción de variabilidad de la duración y profundidad dentro de los trenes se han asociado a alimentación, suponiendo que durante estos se explotan zonas dispersas de alimentación. Los cambios que se observan en las características (duración y profundidad promedio) reflejan cambios en la calidad de **tales** zonas y la estrategia adoptada por las hembras para ser más eficientes durante los viajes de **alimentación** fue la tendencia para alcanzar un máximo neto en la tasa de ingesta de alimento. **Los perfiles** de cada tren de buceo muestran que hay algunos en los que la profundidad **máxima** de **los** buceos no cambia a diferencia de otros en los que la profundidad máxima aumenta o disminuye.

A pesar de no contar con información al respecto de los-movimientos horizontales de **los** buceos, se puede asociar ciertas actividades a los cuatro diferentes grupos de

Perfiles que se encontraron: desplazamiento, en el que se consideraron los buceos **más superficiales** (“surfing”) de dos veces el largo del animal y un poco más profundos pero de menos de un minuto de duración total. Dos tipos de buceo que se consideraron de alimentación por tiempo que permaneció el animal en la profundidad máxima, misma que sirvió para diferenciar ambos grupos, el grupo de buceos de “alimentación profunda” no se encontró en la Hembra “B”, sin embargo el proceso de agrupación de los buceos fue consistente. El cuarto tipo, los buceos de exploración, fueron en “**V**” y todos en profundidades mayores a 70 m, si bien la actividad específica de estos buceos puede no ser la exploración, se les clasificó de esta manera debido a que se presentaron antes de algunos trenes de buceo; otros ocurrieron dentro de trenes largos con cambios en su profundidad. Además, los buceos en “**V**” descritos para otros pinnípedos, particularmente fócidos, se han asociado a actividad exploratoria y orientación durante la navegación bajo hielo. Se ha propuesto (Bengston y Stewart, 1992) que el ruido asociado al movimiento del hielo flotante favorece los buceos profundos sin tiempo de fondo durante los cuáles las focas escuchan mejor guías necesarias para la navegación o las vocalizaciones de otras focas que les ayuden a localizar parches de alimento. Los buceos “exploratorios” de la Hembra “B” fueron no mayores de 40 m pero presentaron la forma en “**V**” y fueron clasificados en un grupo diferente de los de alimentación por lo que se decidió llamarlos también exploratorios.

Un punto que llama la atención es haber encontrado trenes de buceo cuya actividad estuviera limitada al desplazamiento, esto puede ser atribuido a que en el planteamiento de la formación de trenes las exigencias son que “haya un número mínimo de buceos separados entre sí por intervalos en superficie menores a un tiempo dado”, y no se considera la actividad que tienen asociada por el perfil que presentan. Por Otra parte, también se encontraron trenes que fueron exclusivamente de alimentación, aunque en la mayoría se dedicó un porcentaje de tiempo a realizar alguna de las otras actividades. Pensando en que al estarse alimentando sobre un agrupamiento, este se irá modificando tanto por la actividad directa del **depredador (captura)** como Por las conductas de defensa y evasión de las presas (Krebs y Davis, 1979), es de esperarse que

los trenes de buceo sean muy dinámicos en términos de las actividades que se van desarrollando durante el mismo.

vi. **Patrones de actividad y descanso**

Los viajes de alimentación registrados por los **TDRs** fueron consistentes con los registros obtenidos a partir de las observaciones focales y registros de **presencia- ausencia** de las hembras.

El análisis de la actividad a lo largo del día coincide con las observaciones y reportes previamente comentados al respecto de que los hábitos nocturnos y las migraciones verticales de las presas son el factor más importante en la forma general del patrón de buceo. Siguiendo las premisas de trabajo, cabe suponer que la disponibilidad de presas determinó que los buceos de alimentación fueran realizados por la hembra "**A**" principalmente a las horas crepusculares, cuando presenta una mayor actividad de alimentación tanto somera como profunda, además de que se presentaron picos en la frecuencia de buceo y de tiempo dedicado a este. La hembra "**B**", por su parte, realizó buceos someros con gran actividad de alimentación principalmente durante la primera parte de la noche, sin **ninguna** actividad acuática durante el día.

Se considera que los lobos marinos de California son activos durante todo el día y la noche aunque presentan un incremento en la frecuencia de buceo al anochecer y en el amanecer (Feldkamp y cols., 1989; Renouf, 1991; Orr, 1998) a diferencia de otros otáridos que se especializan en la alimentación durante el día o durante la noche, (Gentry y cols., 1986; Kooyman y Trillmich, 1986).

En la Bahía de la Paz, los pescadores reportan que los lobos marinos se alimentan generalmente temprano en la mañana y durante el atardecer; Aurióles (1988) después de llevar a cabo censos a lo largo del día encontró un menor número de lobos durante la mañana y el **anochecer**, con un máximo cerca del mediodía, lo que sugirió un ritmo diurno de estancia en tierra coincidente con estos reportes y con **otros** similares de *Eumetopias jubatus* y *Callorhinus ursinus*. Este ritmo se ha interpretado como el resultado de posibles preferencias de depredación crepuscular **y/o** nocturna (Hanna, 1951; Mathisen y cols.,

1962; Mate, 1975; Gentry y Kooyman, 1986; **Aurioles**, 1988). En estudios sobre actividad de juveniles y crías se ha encontrado que durante las horas de menor intensidad de luz se desarrolla la mayor actividad (Orr, 1998).

La orientación visual es muy importante para los peces y durante las horas de cambio de luz (anochecer y amanecer), las interacciones alimentarias están fuertemente influenciadas por los cambios en la luz bajo el agua, es por esto que los períodos de transición, aunque son relativamente cortos, proporcionan a los piscívoros un mayor éxito alimentario pues las conductas defensivas de los peces disminuyen en efectividad y se presenta el llamado período de quietud, que aprovecha el depredador para aumentar sus posibilidades de éxito (Hobson, 1979). Aunado a esto, algunas de las especies presa realizan migraciones verticales durante las horas de oscuridad, esto es aprovechado por los lobos ya que deben realizar buceos menos profundos para conseguir mayor diversidad de presas (Gentry y cols., 1986; Pierotti, 1988).

Los buceos de alimentación equivalieron para la hembra “A” al 70.23% del tiempo total de buceo y para la hembra “B” al 75.11%. Algo similar **ocurre** en el caso de la exploración: en ambas hembras el porcentaje de tiempo dedicado a esta actividad fue similar (2.69 y 2.78%). La semejanza del porcentaje de tiempo dedicado tanto a alimentación como a la exploración en ambas hembras es muy interesante ya que presentaron estrategias diferentes en términos de duración y frecuencia del viaje de alimentación así como de la profundidad máxima alcanzada en buceo.

En estudios previos acerca de la conducta de buceo en esta especie, no se hizo la clasificación de los perfiles de buceos ni se asociaron con una actividad, pero se indica que a la actividad de buceo (diferenciándola del desplazamiento y el descanso) se le dedica entre un 33 a un 63.5% de la duración de los viajes de alimentación (Feldkamp, 1986; Kaoyman y Trillmich, 1986; Feldkamp y cols., 1989; Feldkamp y cols., 1991). Cabe señalar también que la duración de los viajes de alimentación es mayor en esos trabajos (2.5 días) que la duración promedio en este estudio (1.3 días).

A partir de la idea de que había un ritmo diurno de estancia en tierra (Los Islotes), se realizaron análisis de series de tiempo con tres métodos para corroborar los picos de

actividad y descartar que hubieran artefactos debido a los análisis o a los datos mismos. Los períodos más importantes de actividad fueron los de 16 y 24 hrs., siendo significativos estadísticamente los de 16 hrs (Cosinor). Esto señala la presencia de ritmos de un período menor a 24 hrs (ritmos ultradianos), que pudieran estar siendo modulados en su amplitud por señales como la digestión de alimento, o bien una relación entre la actividad locomotora realizada (ejercicio) y la recuperación de la misma. También es importante notar la presencia de ritmos diarios (24 hrs) que no se repiten todos los días, lo que sugiere que hay ritmos infradianos (con período mayor a 24 hrs) en cuya **sincronización** podrían **estar** participando eventos metabólicos relacionados con el amamantamiento a las crías. Se han encontrado indicios de un ritmo diario en el amamantamiento de las crías (García-Aguilar, datos no publicados) lo que sustenta la hipótesis de que esta actividad participe como sincronizador de las actividades maternas.

vii. **Area de alimentación**

La distancia que separó a los trenes entre sí fue variable y podría reflejar disponibilidad o búsqueda del alimento. Es importante que, a pesar de que los buceos de alimentación se encuentran agrupados de manera importante en los trenes de buceo, los que se encuentran sin formar parte de estos grupos le dan una flexibilidad importante a la estrategia alimentaria, ya que disminuyen la distancia que se tiene que recorrer de parche a parche. Retornando la idea de que la estrategia tiende a ser lo más eficiente posible, es de esperarse que las presas capturadas durante estos buceos sean muy energéticas, de tamaño considerable o en grupos con alta densidad de **organismos** para que contribuyan realmente a hacer más eficiente la estrategia alimentaria. Esto se apoya en el hecho de que ambas hembras presentaron constantemente buceos de alimentación fuera de los trenes, en especial la hembra "**B**".

A partir de la premisa de trabajo de que el patrón de buceo refleja la disponibilidad y abundancia de las presas, se puede considerar que un aumento en número de buceos de alimentación aumenta la probabilidad de encuentro con las presas, la cercanía espacio-temporal entre trenes está en función de la distribución vertical y horizontal de

las presas, cuando la densidad es baja hay un reajuste de la probabilidad de encuentro con las presas aumentando la duración del tren, que puede tener como consecuencia un aumento en la duración del viaje de alimentación.

El área de alimentación calculada en este estudio es bastante menor de la que calculó García-Rodríguez (1995) de 80 km, y dado que la duración de los viajes de alimentación fue semejante en 20 hembras estudiadas por García-Aguilar (1997, datos no publicados) en un trabajo desarrollado paralelamente a este, es posible que, pese a que únicamente se obtuvo datos de la actividad subacuática de un par de hembras, las demás presentaran un comportamiento alimentario semejante inclusive en términos de área probable de alimentación. Se puede sugerir que las especies encontradas en los copros se distribuyen dentro de una área de 20 km de radio con centro en la lobera. Esta sugerencia está apoyada además en las características topográficas de la zona que proveen de una gran cantidad de biotopos.

Estos resultados señalan que la selección del hábitat reproductivo de *Z. californianus* es muy complejo, ya que involucra el medio marino en aspectos de alimentación (cantidad y calidad de presas, principalmente para las hembras lactantes), así como el medio terrestre en aspectos fisiográficos que proporcionen áreas adecuadas para la reproducción.

Las diferencias que se observaron en la actividad subacuática de las hembras, fueron con respecto a la frecuencia y duración de los viajes de alimentación, y dentro de estos, la profundidad de los buceos fue el parámetro claramente diferente, pero la duración de los buceos así como los porcentajes de tiempo asignados a las diferentes actividades fueron semejantes. Las diferencias, entonces, pudieran ser atribuidas, más que al efecto de la instrumentación, a variaciones individuales o a cambios en las estrategias alimentarias como respuesta a la disponibilidad del alimento.

A partir de estas consideraciones, y retornando la hipótesis, se puede argumentar que las hembras optimizaron su tiempo de alimentación teniendo un patrón de buceo predominantemente aerobio y pocos buceos con estrés térmico asociado. El mayor esfuerzo de alimentación se intensificó en áreas cercanas a la lobera, lo que disminuye

el gasto energético por desplazamiento además de haber sido realizado en horas en que la disponibilidad de presas es mayor y la probabilidad de captura también incrementa por efecto del cambio de luz. Esto coincide con las observaciones de Gentry y cols., (1986) en el mismo sentido de que la alimentación es más eficiente cuando no se bucea ni a mayor profundidad ni más tiempo del necesario y que idealmente la búsqueda y alimentación deben ser someras.

X. CONCLUSIONES

1. Las variables ambientales (temperatura y salinidad) no ejercieron una influencia evidente sobre el espectro alimentario del lobo marino; sin embargo, la temperatura debe considerarse como un factor que si influye en la conducta subacuática ya que el estrés térmico tiene asociado un gasto energético extra y puede ser una limitante en cuánto al tiempo que se puede permanecer a profundidades con temperaturas fuera del intervalo termoneutral.
2. El espectro alimentario fue semejante cualitativamente al mencionado en estudios anteriores en esta zona. Las especies presa importantes son pocas, pese a que hay una gran diversidad en la zona lo que apoya la idea de que el lobo marino sea considerado un especialista plástico.
3. El patrón de buceo de las hembras de *Zalophus californianus* en la lobera de Los Islotes es semejante al reportado en la costa de California y en Islas Galápagos. Las características más importantes encontradas fueron:
 - a. La mayoría de los buceos fueron aerobios.
 - b. Pocos buceos tuvieron estrés térmico asociado.
 - c. Los buceos largos y profundos fueron costosos en demanda de O_2 y termoregulación y su costo debió compensarse con el beneficio obtenido del buceo.
4. Las diferencias entre las características de los buceos de las hembras de 1996 y

1997 fueron debidas principalmente a factores que influenciaron la disponibilidad de alimento en cada año o incluso a diferencias individuales más que a diferencias en el manejo de los animales durante la instrumentación.

5. Las características de los perfiles de buceo permitieron clasificarlos en grupos que se asociaron a desplazamiento, alimentación y exploración. En 1996 se diferenciaron dos tipos de alimentación basándose en la profundidad a la que esta se realizó.
6. Los trenes de buceo son unidades dinámicas en los que se asocian las diferentes actividades subacuáticas en especial la alimentación y pueden reflejar tanto la actividad del depredador como las respuestas conductuales de las presas.
7. Ambas hembras dedicaron una fracción de tiempo semejante a la actividad de alimentación y de exploración.
8. Hay un ciclo diurno de estancia en tierra y se confirma que la actividad alimentaria de *Z. californianus* se lleva a cabo principalmente al amanecer y anochecer.
9. Se encontró un ritmo de actividad diaria modificado tanto por señales con períodos menores a 24 hrs. como ejercicio y alimentación; así como por señales con períodos mayores a 24 hrs. como amamantamiento.
10. La alimentación se llevó a cabo a menos de 20 km de la lobera, es probable que en esta zona existan poblaciones de las especies que se encontraron formando parte del espectro alimentario de verano.

XI. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos se recomienda aumentar el número de hembras al que se les **coloca** el equipo, y aumentar también el tiempo de muestreo para lo que hay **que** considerar nuevas estrategias de colocación y recuperación del equipo.

Así mismo, es conveniente no sólo contemplar un mayor número de controles de manejo simulado y sin manejo para hacer una evaluación más confiable del impacto causado por la instrumentación, el manejo de fármacos y otras variables que influyen en la conducta de las hembras durante la temporada de reproducción.

Entre los factores que deben considerarse para la interpretación de las diferencias en los patrones de buceo entre los animales se debe considerar:

- Las variaciones individuales, como la edad o experiencia de los organismos.
- Variables ambientales (además de la salinidad y temperatura del agua), como oxígeno disuelto, turbidez del agua, temperatura del aire, nubosidad. Es recomendable que estas variables sean tomadas varias veces durante el período de estudio para detectar fluctuaciones así cómo su forma y amplitud.
- Disponibilidad de alimento. Para este punto es necesario realizar un trabajo que contemple aspectos básicos de ecología de peces, ya que hace falta información de aspectos biológicos al respecto de las presas principales de los lobos.

Para un estudio fino sobre energética de buceo, se proponen los siguiente objetivos:

- Información del contenido calórico de las presas,
- Evaluación de la condición corporal y análisis bioquímico de la leche tanto de las hembras con equipo y sus crías, como de las parejas control,
- Estimación de presupuestos de tiempo-actividad en tierra y en agua de hembras y crías, **con** un diseño experimental que permita el estudio de ritmos en estos presupuestos.

XI. LITERATURA CITADA

Altman, J. 1974. Observational Study of Behavior: Sampling methods. Behaviour. 49:227-267.

Amezcu-Linarez, F. 1996. Peces demersales de la plataforma continental del Pacifico Central Mexicano. México, Instituto del Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M. 184pp

Antonelis, G.A., Fiscus, C.H. y De Long, R.L. 1984. Spring and summer prey of California sea lions *Zalophus californianus* at San Miguel Island, California, 1978 - 1979. US. Natl. Mar. Fish. Ser. Bull. 82: 67-76

Arora, H.L. 1948. Observations on the habitats and early life history of the bratrachiod fish *Porichthys notatus*, Girard. Copeia.

Aurioles, D., Fox, C., Sinsel, F. and G. Tanos. 1984. Prey of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Bay of La Paz, Baja California Sur, México.

Aurioles, D. 1988. Behavioral Ecology of California sea lion in the Gulf of California. Ph.D. Thesis, University of California, Santa Cruz. 175 pp.

Aurioles, D. 1995. Distribución y abundancia de la langostilla bentónica (*Pleuroncodes planipes*) en la plataforma continental de la costa oeste de Baja California. En: La Langostilla: biología, ecología y aprovechamiento. Auriolles-Gamboa, D. y Balart, E.F. (eds.) CIBNOR. La Paz, B.C.S., pp. 59-78.

Baranov, E. 1996. A device for data retrieval and recapture of diving animals in open water. Marine Mammal Science. 12(3):465-468.

Bartholomew, G.A. 1970. A model for the evolution of pinniped polygyny. Evolution. 24: 546-559.

Bengston, J.L. and Stewart, B.S. 1992. Diving and haulout behavior of crabeater seals in the Weddell Sea, Antarctica, during March 1986. Polar Biol. 12:635-644.

Bligh, J. and Johnson, K.G. 1973. Glossary of terms for thermal physiology. J. Appl. Physiol. 35(6): 941-961.

Boyd, I.L. 1993. Selecting sampling frequency for measuring diving behavior. Marine Mammal Science. 9(4):424-430.

Cano, F.A. 1991. Oceanografía física del Golfo de California. En: Oceanografía de los

mares mexicanos. De La Lanza (ed) AGT Editor, S.A. México.

Castellini, M. A, Kooyman, G.L. and Ponganis, P. 1992. Metabolic rates of freely diving **weddell seals**: correlations with oxygen stores, swim velocity and diving duration. J. exp. Biol. 165: 181-194.

Castro-Aguirre, J. L., Schmitter, J. J., Balart, E. F., y Torres-Orozco, R. 1993. Sobre la distribución geográfica de algunos peces bentónicos de la costa oeste de Baja California Sur, México, con consideraciones ecológicas y evolutivas. A. Esc. nac. Cienc. biol., Méx., 38:75-102.

Castro-Aguirre, J. L. y Balart, E. 1996. Contribución al conocimiento del origen y relaciones de la ictiofauna de aguas profundas del Golfo de California, México. Hidrobiología 6(1-2): 67-76.

Colwell, R.K. 1974. Predictability, constancy and contingency of periodic phenomena. Ecology. 55: 1148 - 1153

Croll, A.D., Aurióles, D. Y Harcourt, R. 1993. Patrones y hábitos alimenticios de *Zalophus californianus* en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Resúmenes XVIII Reunión Internacional para el estudio de los mamíferos marinos, **SOMEMA** 4 -5 mayo 1993.

Cromwell, L., Weibell, F. y Pfeiffer, P. 1987. Biomedical instrumentation and measurements. Ed Prentice Hall. New Jersey. 510 pp.

Cruz-Orozco, R., Martínez-Noriega, C., y Mendoza-Maravilla, A. 1996. Batimetría y sedimentos de Bahía de La Paz, B.C.S., México. Oceanides. 11(1):21-27.

Cushing, D.H. 1992. **Climate** and Fisheries. Academic Press. Nueva York. 373 pp.

De Anda, D.H.M. 1985. Hábitos alimenticios del lobo marino *Zalophus californianus* en Isla Los Coronados, B.C. México de noviembre 1983 a octubre 1984. Tesis profesional. U.A.B.C. 68 pp.

De La Lanza. 1991. Oceanografía de los mares mexicanos. De La Lanza (ed) AGT Editor, S.A. México.

Durán-Lizarraga, ME. 1995. **Dinámica** del buceo y frecuencia cardíaca en el humano y el lobo marino común *Zalophus californianus californianus*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias U. N.A.M.

Eckert, R, Randall, D y Augustine G. 1988. Fisiología animal. Mecanismos y Adaptaciones Interamericana-Mc Graw Hill. pp 435-471.

Elsner R., Franklin, D.L., Van Citter, R.L. and Kenney, D.W. 1966. Cardiovascular defense against asfixia. *Science* **153(3739)**: 941-949.

Elsner R. and Gooden B. 1983. Diving and asphyxia: A **comparative** study of **animals** and man: Diving bradycardia. pp 16-1 8. Cambridge University Press. Cambridge.

Fagen, R.M. and Young, D.Y. 1978. Temporal patterns of **behavior**: durations, intervals, **latencies** and sequences. In.: P.w. Colgan (ed.) *Quantitative Ethology*. John Wiley and Sons. N.Y.

Feldkamp, S. 1986. **Swimming** and diving in the California sea lion *Zalophus californianus*. PhD. Dissertation. University of California, Sn. Diego.

Feldkamp, S. De Long, R.L., and Antonelis, G. 1989. Diving patterns of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*. *Can. J. Zool.* **67**:872-883.

Feldkamp, S. De Long, R.L., and Antonelis, G. 1991. Effects of El Niño 1983 on the foraging patterns of California sea lions, (*Zalophus californianus*) near San Miguel Island, California. In: Pinnipeds and El Niño. Responses to environmental stress. Trillmich, F. and Ono, K. (Eds.) Springer - Verlag. 1991. New York. 293 pp.

Fitch and Lavenberg, R.G. 1968. Deep **water** teleostean **fishes** of California. University of California Press. Berkeley. **155** pp.

Fitch y Lavenberg, 1971. Marine food game **fishes** of California. University of California Press. Berkeley. 155 pp.

Fitch y Lavenberg, R.G. 1975. **Tide** pooland nearshore **fishes** of California. University of California Press. Berkeley. 155 pp.

Friedrich, M. 1973. Marine Ecology. **An** introductions to its problems and results. University of Washington Press (**3^a** ed.) Washington. 474 pp.

Gallo-Reynoso, J.P. 1994. **Factors** affecting the population status of Guadalupe fur seal, *Arctocephalus townsendi* (Merriam, 1897), at Isla de Guadalupe, Baja California, **Mexico**. PhD Dissertation. University of California, Santa Cruz.

García Maldonado, L. 1997. Digestión in vitro de otolitos de cuatro especies de peces que son alimento del lobo marino de California(*Zalophus californianus*) en México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, U.N.A.M. 45 pp.

García Rodríguez, F.J. 1995. Ecología alimentaria del lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* en Los Islotes, B.C.S., México. Tesis de licenciatura.

Gentry, R.L. and Holt, J.R.. 1986. Attendance behavior of Northern Fur seals. In: **Fur Seals. Maternal strategies on land and sea.** Gentry, R. L. and Kooyman, G.L.(eds.) Princeton University Press. 1986.

Gentry, R.L. and Kooyman, G.L. 1986. Methods of **dive** analysis. *In* **Fur Seals: maternal strategies in land and sea.** Edited by Gentry, R.L. and Kooyman, G.L. Princeton University Press. Princeton. NJ. pp **28-40.**

Gentry, R. L., Kooyman, G.L. and Goebel, M.E. 1986. Feeding and diving behavior of Northern Fur Seals. In: **Fur Seals. Maternal strategies on land and sea.** Gentry, R. L. and Kooyman, G.L.eds. Princeton University Press. 1986.

Golombek, D. 1997. Cronobiología: en busca del tiempo perdido: Fisiología de los ritmos biológicos. En: Manual de Referencia, II Latinoamericano de Cronobiología. Facultad de Ciencias, CU, U.N.A.M.

Granados y cols 1997. Los ritmos circadianos en mamíferos: conceptos, implicaciones y bases biológicas. En: Manual de Referencia, II Latinoamericano de Cronobiología. Facultad de Ciencias, CU, U.N.A.M.

Hanna, Gd. 1951. Alaska fur seals *Callorhinus ursinus* observed off San Francisco Bay, California. J. Mamm. **32:364-365.**

Helm, R.C. 1984. **Rate** of digestion in 3 species of pinnipeds. Can. J.Zool. 62:1751-1765.

Hill, R., Schneider, R.C. and Zapol, W.M. 1985. Microprocessor-controlled monitoring of free-diving **weddell** saels. Antarctic Journal. **47:150-151.**

Hobson, E. 1975. First California **record** of the serranid fish *Anthias gordensis* Wade. California fish and game. **61(2):** 11-12.

Hobson, E. 1979. Interactions between piscivorous **fishes** and their prey. In Predator prey system in Fisheries Management. Clippel, H.E. (ed). Sport. Fish. Inst. Washington. pp 231-242.

Hochachka, P. W. and Guppy, M. 1987. Diving mammals and birds. In: Metabolic arrest and the control of biological time. Hochachka P.W. and Guppy, M. (Eds) Harvard: 36-56.

Jobling, M. 1987. Marine mammal **faeces** as indicators of prey importance, a source of error in bioenergetics studies. Sarsia. 72: 255-260.

- King, J. 1983. Seals of the world. British Museum Nat. Hist. London
- Kleiber, M. 1975. The fire of life. Krieger Pub. Co. New York.
- Krebs, J.R. and Davis, N.B. 1979. Behavioral ecology, an evolutionary approach. Blackwell Scientific Publications. London. 494 pp.
- Kooyman, G.L. and Campbell, W. 1972. Heart rates in freely diving weddell seals, *Leptonychotes weddelli*. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 43A. pp 31-36.
- Kooyman, G.L., Castellini, M.A., Davis, R. W., and Sinnet, EE. 1980. Aerobic and anaerobic metabolism during voluntary diving in Weddell seals: evidence of preferred pathway from blood chemistry and behavior. J. Comp. Physiol. 138:335-346.
- Kooyman, G.L., Castellini, M.A., Davis, R.W. 1981. Physiology of diving in marine mammals. Ann. Rev. Physiol. 43:343-356.
- Kooyman, G.L., Castellini, M.A., Davis, R.W., and Mauere, R.A. 1983a. Aerobic diving limits of immature Weddell seals. J. Comp. Physiol. 151:171-174.
- Kooyman, G.L., Billups, J. and Farwell, W. 1983b. Two recently developed recorders for monitoring diving activity of marine birds and mammals. In: Experimental Biology at the sea. Macdonald, A.G. and Priede I.G. (eds.) Academic Press, Inc. London. pp 197-214.
- Kooyman, G.L. and Trillmich, F. 1986. Diving behavior of Galapagos sea lions. In: Fur Seals: maternal strategies in land and sea. Edited by Gentry, R.L. and Kooyman, G.L. Princeton University Press. Princeton. NJ. pp 209-219.
- Kooyman, G.L. and Gentry, R. L. 1986. Diving behavior of South African Fur Seals. In: Fur Seals. Maternal strategies on land and sea. Gentry, R. L. and Kooyman, G.L. eds. Princeton University Press. 1986.
- Kooyman, G.L., Davis, R.W. and Croxall, J.P. 1986. Diving behavior of Antarctic Fur Seals. In: Fur Seals. Maternal strategies on land and sea. Gentry, R. L. and Kooyman, G.L. eds. Princeton University Press. 1986.
- Krebs, J.R. and Davis, N.B. 1979. Behavioral ecology, an evolutionary approach. Blackwell Scientific Publications. Oxford - London. 494 pp.
- Lavin, M., Beier, E. y Badan, A. 1997. Oceanografía física del Golfo de California. En: Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Lavin, M.(ed) UGM-CICESE-Scipps.
- Le Boeuf, B.J., Costa, D.P., Huntley, A.C., Kooyman, G.L. and Davis R.W.. 1986.

Pattern and depth of **dives** in Northern elephant seals *Mirounga angustirostris*. J. Zool., (Lond)A 208, 1-7.

Le Boeuf, B. J., Costa, DP, Huntley, A.C. and Feldkamp, S. 1988. Continuous deep diving in female **northern** elephant seals, *Mirounga angustirostris*. Can. J. Zool. 66:446-458.

Le Boeuf, B. J., Naito, Y., Huntley, A.C., and **Asaga**, T.1989. Prolongued, **continuous**, deep diving by northern elephant seals. Can. J. Zool. 67: 2514-2519.

Llun, N.J., Boyd, I.L., Barton, T. and **Croxall**,J.L.. 1993. **Factors** affecting the growth **rate** and **mass** at weaning of antarctic fur seals at Birth Island, South Georgia. J. Mamm. 74(4):908-919.

Lowry, M.S. and Oliver, C.W. 1986. The food **habits** of the California sea lion, *Zalophus californianus* at San Clemente Island, California September 1981 through **March** 1983. Southwest Fisheries Center. NMFS. NOAA. Admin. Rep. LJ-86-07. 26 pp.

Luque, S. y **Aurioles**, D. 1997. **Indices** morfométricos de condición corporal en crías de lobo marino y su relación con la supervivencia en el primer año de vida. México. Resúmenes XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, **SOMEMA** 27 de abril al 1º de mayo 1997.

Lydersen, C. and Kovacs, K.M. 1993. Diving behaviour of lactating harp **seals**, *Phoca groelandica*, **females** from the Gulf of St. Lawrence, Canada. Anim. Behav. 46: 1213-1221.

Mate, B.R. 1975. **Annual** migrations of the sea lion *Eumetopias jubatus* and *Zalophus californianus* along the Oregon **coast**. Rapp. P.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 169:455-461

Mathisen, **O.A.**, Beade,R.T. and Loop, R.L. 1962. Breeding **habits**, growth and stomach **contents** of the steller sea lion in Alaska. J. Mamm. 43:469-477.

Minors, D.S. and Waterhouse, J.M. 1988. Mathematical and statistical analysis of circadian rhythms. Psychoneuroendocrinology. 13 (6) 443-464.

Orr, A. 1998. Foraging characteristics and activity patterns of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Bay of La Paz, B.C.S. M. Sc. Thesis California State University, Fresno. 122 pp.

Orta, D.F. 1988. Hábitos alimenticios y censos globales del lobo marino *Zalophus californianus* en el islote El Rasito, Bahía de Las Animas B.C. México durante octubre 1986-87. Tesis profesional. U.A.B.C. 78 pp.

Pierotti, R. 1988. Interactions between gulls and otariid pinnipeds: competition,

comensalism, and cooperation. Sea birds and other marine vertebrates, competition, predation and other interactions. J. Burger. Columbia, Columbia University Press: 213-239.

Pittendrigh, C. 1993. Temporal organization. Reflections of a Darwinian clock-watcher. *Ann. Rev. Physiol.* 55: 17-54.

Ponganis, P., Ponganis, E., Ponganis K., Kooyman, G., Gentry, R. and Trillmich, F. 1990. Swimming velocities in otariids. *Can. J. Zool.* 68:2105-2112.

Ponganis, P., Gentry, R.L., Ponganis, E.P., and Ponganis, KV. 1992a. Analysis of swim velocities during deep and shallow dives of two northern fur seals, *Callorhinus ursinus*. *Mar. Mam. Sci.* 8(1): 69-75.

Ponganis, P. J., Kooyman, G.L., Sartoris, D., and Jobsis, P. 1992b. Pinniped splenic volumes. *Am. J. Physiol* 262: R322-R325.

Ponganis, P. J., Kooyman, G.L., Castellini, M.A. 1993. Determinants of the aerobic dive limit of Weddell seals: Analysis of diving metabolic rates, postdive end tidal PO₂'s and blood and muscle oxygen storages. *Physiol. Zool.* 66(5): 732-749.

Prime, J.H. 1979. Observation on the digestion of some gadoid fish otoliths by a common young common seal. *Marine Mammal Committee.* 14: 1-3

Prosser, C.L. and Heath, J.E. 1991. Temperature. In: Environmental and metabolic animal physiology. Prosser, C. L. (ed). New York, John Willey and Sons. 778 pp

Prosser, C. L. 1991. Environmental and metabolic animal physiology. New York, John Willey and Sons. 778 pp

Prosser, C. L. 1986. Adaptational biology. Molecules to organisms. New York., John Wiley and Sons. 768 pp

Renouf, D. 1991. The behavior of pinnipeds. Cambridge, Chapman and Hall. 409 pp.

Sálazar, G.AB. 1989. Hábitos alimenticios, distribución y tamaño de población del lobo marino *Zalophus californianus* en Isla de Cedro, B.C. Tesis profesional. U.A.B.C. 74 pp.

Sánchez, M. 1992. Contribución al conocimiento de los hábitos alimenticios del lobo marino *Zalophus californianus* en las islas Angel de la Guarda y Granito, Golfo de California. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, C.U., U.N.A.M. 62 pp.

Schölander, P. 1964. Animal in aquatic environments: Diving mammals and birds. In: Handbook of physiology. Sec 4. Adaptation to the environment. Dill, D.B., Adolph, E.F. and

Wilbur, C.G.(eds) **American** Physiological Society. Washington D. C. pp 729-739.

Schreer, J. and Testa, J.W. 1995. Statistical clasification of diving behavior. *Marine Mammal Science*. II (1):85-93.

Schumacher, U., Rauh, R., Plötz, J. and Welsch, U. 1992. Basic biochemical data on blood from antartic Weddell seals (*Leptonichotes weddelli*): ions, lipids, enzymes, serum proteines and thyroid hormones. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 102A. No. 3. pp 449-451.

Steel, R. and Torrie, J.H. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos.. Mc Graw Hill/Interamericana. 622 pp.

Sverdrup, H.U., Jonhson, M.W., and Flemming, R. 1942. The Oceans, their physics, chemistry, and general biology. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J. 1060 pp.

Thomson, D.A, Findley, L.T. and Kerstitch. 1987. Reef fishes of the sea of Cortez. The rocky- shore fishes of the Gulf of California. John Willy and Sons. New York. 302 pp.

Thompson, D. and Fedak, M. 1993. Cardiac response of gray seals during diving at sea. *J. exp. Biol.* 174:139-164.

Trillmich, F. 1986. Attendance behavior of Galapagos fur seal. In: Gentry, R. L. and Kooyman, G.L., Ed. (1986). Fur seals. Maternal strategies on land and at sea. New Jersey, Princeton University Press. 291 pp.

Trillmich, F. and Ono, K. 1991. Pinnipeds and El Niño. Responses to environmental stress. Springer - Verlag. 1991. New York. 293 pp.

Vega, A. 1993. Análisis estadístico en cronobiología. *Psiquis*. 2(6): 139-149.

Weihaupt, 1984. Exploración de los océanos. Introducción a la oceanografía. Cía. Editorial Continental. México. 640 pp.

Wilbur, H.M., Tnkle, D.W. and Collins, J.P. 1974. Environmetal certanty, thropic level and resource availability in life history evolution. *Am. Nat.* 108:805-817.

•Wildlife Computers Manuals. (TDR MKe3) 1996.

Williams, T.M., Kooyman, G.L. and Croll, D.A. 1991. The effect of submergence on heart rate and oxigen consumption of swimming seals and sea lions. *J. Comp. Physiol. B* 160: 637-644.

Whittow, C.G. 1987. Thermoregulatory adaptations in marine mammals: interacting

XIII. LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 7. Peso y longitud estándar de los animales capturados durante este estudio.

Tabla 2. Intervalos de las variables ambientales registradas en ambos años de muestreo.

Tabla 3. Porcentaje de aparición estandarizado de especies encontradas en el análisis de lobo marino en Los Islotes durante el verano de 1996 y 1997.

Tabla 4. Hábitos de las especies presa del lobo marino en Los islotes.

Tabla 5. Cálculo del LBA de las hembras A y B.

Tabla 6. Resumen de los 12 trenes de buceo.

Tabla 7. Se presenta la frecuencia relativa, el porcentaje de tiempo y la profundidad promedio con su desviación estándar de los tipos de buceo.

Tabla 8. Duración y profundidad promedio registradas para hembras -de distintas poblaciones de *Zalophus californianus*.

Tabla 9. Porcentaje de tiempo por pauta de conducta a lo largo de la semana de registro del TDR de la hembra A.

Tabla 10. Porcentaje de tiempo por pauta de conducta a lo largo de la semana de registro del TDR de la hembra B.

Tabla 17. Períodos encontrados para cada variable empleando el periodograma y el espectro de potencia.

Tabla 12. Resultados de la prueba Cosinor.

Tabla 13. Distancia máxima y mínima entre trenes de buceo de los viajes de alimentación de la hembra A.

Tabla 74. Duración promedio y número promedio de inmersiones por tren para cada viaje de alimentación de la hembra A.

FIGURAS

Figura 7. Tipos de buceo de *Lobodon carcinophagus*.

Figura 2. Zona de estudio y estaciones de muestreo del CTD.

Figura 3. Mapa del área recorrida en avioneta (dentro del recuadro) en búsqueda de los registradores de buceo.

Figura 4. Diagrama T-S de las estaciones de 1996 y de 1997.

Figura 5. Cambio de la temperatura con respecto a la profundidad.

Figura 6. Geomorfología de la Bahías de La Paz.

Figura 7. Distribución de frecuencia de buceo con respecto a la profundidad.

Figura 8. Distribución de frecuencias de buceo con respecto a su duración.

Figura 9. Relación entre la duración de la inmersión con el período de superficie posterior.

Figura 10. Relación entre la duración de las inmersiones y la profundidad.

Figura 11. Gráfica de CFTB correspondiente a la hembra A.

Figura 12. Perfiles de buceo asociados al desplazamiento, alimentación (dos modalidades) y exploración de la hembra A.

Figura 13. Perfiles de buceo asociados al desplazamiento, alimentación y exploración de la hembra B.

Figura 14. Frecuencia relativa de cada actividad definida por el perfil de buceo dentro de cada uno de los 12 trenes.

Figura 75. Perfil de buceo de la hembra A.

Figura 16. Gráficas de frecuencia relativa de buceo, porcentaje de tiempo y profundidad máxima de buceo con respecto a la hora del día de la hembra A.

Figura 17. Gráficas de frecuencia relativa de buceo, porcentaje de tiempo y profundidad máxima de buceo con respecto a la hora del día de la hembra B.

Figura' 18. Actividad realizada por la hembra A con respecto a al hora del día.

Figura 19. Actividad realizada por la hembra B con respecto a al hora del día.

Figura 20. Zona estimada de alimentación para la hembra **A**

Figura 21. Zona estimada de alimentación para la hembra **B**