



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**TASA DE NACIMIENTOS POR EDAD EN HEMBRAS DE
LOBO MARINO DE CALIFORNIA, *Zalophus californianus*
californianus (Lesson, 1828), en Los Islotes B.C.S., México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIOLOGO

PRESENTA

CARLOS JAVIER VÁZQUEZ RIVERA



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS

M. EN C. CLAUDIA JANETL HERNÁNDEZ CAMACHO

MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Vázquez

Rivera

Carlos Javier

5397 0662

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

096576841

2. Datos del Tutor

M en C

Claudia Janetl

Hernández

Camacho

3. Datos del Sinodal 1

M en C

Irene

Pisanty

Baruch

4. Datos del Sinodal 2

Dr

Efraín

Tovar

Sánchez

5. Datos del Sinodal 3

Dr

Alicia Antonieta

Bautista

Vega

6. Datos del Sinodal 4

Dr

Mario Alberto

Salinas

Zacarías

A Ernesto y Carmen por el simple hecho de darme la vida, gracias papás.

A Alejandro, David, Berenice y Erik por todo el amor, cariño y apoyo que siempre me han dado, sinceramente muchas gracias.

A Leonides y Carlota por ser una parte importante en la fundación de esta ésta hermosa familia.

A Pamela, Alexis, Alexa, Valeria y Reneé por llenarme de alegría.

A Elisa, Alejandra, Carolina y Mario, por decidir ser parte de mi mundo.

A Mayra Ixchel, flaca.... tú sabes muy bien por que.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a la M. en C. Claudia J. Hernández Camacho, por su interés, dedicación y sobre todo por la inagotable paciencia que me ha tenido. Jefa.....gracias por apoyarme y no abandonarme.

Al Dr. David Auriolos Gamboa por darme la oportunidad de ser parte del laboratorio de mamíferos marinos del CICIMAR, gracias David por esta gran oportunidad.

A mi comité: Dra. Alicia Bautista, Dr. Efraín Tovar, M. en C. Irene Pisanty y Dr. Mario Salinas, por interesarse y apoyarme en la conclusión de este proyecto.

A la Facultad de Ciencias, UNAM y todo lo que representa, profesores, compañeros, técnicos y personal administrativo que me formaron en esta difícil pero hermosa disciplina.

A Adrián Cortés, Alberto Álvarez, Edgar Cortés, Luís A. Bravo, Luís P. del Águila, Martín Ravelo y Salvador Lozada, por que siempre me han demostrado su cariño y su apoyo, muchas gracias amigos.

A Claudia Sevilla, Ximena Morales, Laura López-Roa, Patricia Gorvea y Mónica Cruz, por ser y haber sido el apoyo de mis mejores amigos.

A Elena Molina y Georgina Mata, por que siempre sentí de su parte un gran cariño que nunca voy a olvidar.

A Gerardo Ravelo, por su gran amistad de toda la vida y por su apoyo en las cuestiones computacionales..... gracias Jerry.

A Fernando Elorriaga y Alicia Olalde, por ofrecerme su amistad desde la Facultad y su hogar a mí llegada a La Paz.

A Claudia Díaz, Constanza Ribot, Heidi Porras, Mauricio Hoyos, Margarita Kiewek, Nicolás Filauri, Roberto López y Vicente Gracia, por hacer de mi estancia en La Paz una experiencia inolvidable.

A Erick Jardón por esos momentos inolvidables en la Facultad y tú gran amistad..... gracias amigolo.

Y finalmente pero no menos importante a MAYRA IXCHEL por estar conmigo y apoyarme durante tanto tiempo....gracias esposet... nunca podré agradecerte todo el amor, cariño y apoyo que me has dado gracias por cruzarte en mi vida.

“Es justamente la posibilidad de realizar un sueño lo que torna la vida interesante”

Paolo Coelho (El Alquimista).

ÍNDICE

Resumen	
1. Introducción	1
1.1 Biología del lobo marino de California	2
1.2 Efecto de El Niño (ENSO) en las tasas de reproducción en pinnípedos	3
1.3 Justificación	4
2. Antecedentes	4
3. Área de estudio	6
4. Objetivos	8
4.1 Objetivo general	8
4.2 Objetivos particulares	8
5. Materiales y Métodos	8
5.1 Marcado de crías	8
5.2 Registros acumulados 1994-2001	9
5.3 Registros para la temporada 2002	10
5.4 Supuestos del método: con cría o sin cría	10
5.5 Estimación de la tasa de nacimientos por edad	12
5.6 Efectos de El Niño (ENSO) en la probabilidad de reproducción	13
6. Resultados	13
6.1 Historia reproductiva	13
6.2 Evento de El Niño (ENSO)	15
7. Discusión	16
7.1 Método de marcado con hierro caliente	16
7.2 Tasa de natalidad por edad	18
7.3 El Niño (ENSO) y sus posibles efectos sobre la probabilidad de reproducción	21
8. Conclusiones	23
9. Literatura citada	24
Anexo 1	29
Anexo 2	30

RESUMEN.

A partir del año 1994 y hasta el 2002 se registró la condición reproductiva de hembras de lobo marino de California marcadas con hierro caliente a principios de los años ochenta en la lobera Los Islotes, B.C.S., México. El objetivo de este trabajo fue estimar la tasa de nacimientos por edad y determinar si el evento de El Niño influyó en la probabilidad de reproducción de las hembras de esta población.

Se encontró que estadísticamente la edad es un factor determinante en la fecundidad ya que se observaron bajas tasas de nacimientos en hembras jóvenes y hembras viejas y altas tasas de nacimientos en hembras de mediana edad. El patrón general encontrado para la tasa de nacimientos en esta población es similar al reportado por diversos autores para diferentes especies de pinnípedos, presentando una forma de “u” invertida similar a una distribución normal.

El fenómeno de El Niño no afecta negativamente la probabilidad de reproducirse de las hembras de la lobera Los Islotes como lo hace en poblaciones del océano Pacífico, esto puede deberse a diversas razones como la ubicación geográfica o la disposición de alimento entre otras, de hecho estudios recientes confirman que la población y la producción de crías ha aumentado en los últimos 20 años.

1. INTRODUCCIÓN.

La tasa de nacimientos por edad es uno de los parámetros de historia de vida más importante en el estudio de la dinámica y viabilidad de poblaciones silvestres (Caughley, 1976). En mamíferos de larga vida, la tasa de nacimientos por edad puede determinarse a partir del conteo de cicatrices de cada ovulación en los ovarios o de la presencia de fetos en el útero (York, 1983; Read, 1990; Huber *et al.*, 1991; Trites y York, 1993; Pitcher *et al.*, 1998). Al mismo tiempo, la edad de los individuos se estima a partir del número de capas de dentina o anillos de cemento en los dientes (Lluch-Belda, 1969; Pitcher y Calkins, 1981; DeMaster, 1981; Read, 1990), cada capa corresponde a un año de vida de los individuos.

Desafortunadamente el análisis de cicatrices en los ovarios no permite establecer con exactitud la historia reproductiva de los individuos debido a la gran cantidad de marcas de ovulación que se acumulan a través del tiempo (McLaren y Smith, 1985). Además, la técnica de análisis de órganos reproductores únicamente puede aplicarse en animales muertos o bien, es necesario sacrificar a una muestra de animales vivos de una población. Por esta razón, el seguimiento de individuos a lo largo de su vida para estimar la tasa reproductiva por edad, es un método que aunque requiere varios años de estudio, ofrece datos más precisos.

El seguimiento de individuos a lo largo de su vida requiere que los animales sean identificados de manera permanente. Algunos de los métodos de identificación más comunes incluyen el uso de pinturas no tóxicas, etiquetas plásticas y marcas de hierro caliente (Aurioles y Sinsel, 1988; Boyd *et al.*, 1995 y Harriet, 1991). El marcado con hierro caliente es el método de identificación más efectivo debido a que las marcas son permanentes, lo que permite realizar un seguimiento sistemático desde el primer año de vida de los individuos (Merrick *et al.*, 1996).

En el presente trabajo se estimó la tasa de nacimientos por edad para hembras de cinco generaciones (1980-1984) de lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828) que fueron marcadas con

hierro caliente por investigadores del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en la lobera Los Islotes, B.C.S. (Aurioles y Sinsel, 1988).

1.1 Biología del lobo marino de California.

El lobo marino de California, se distribuye desde la Columbia Británica (Canadá) hasta las islas Marías (México) (Peterson y Bartholomew, 1967) y es abundante en ambas costas de la península de Baja California (Peterson y Bartholomew, 1967). Este mamífero de la familia Otariidae se caracteriza por ser gregario, poligínico (un macho se aparea con varias hembras) y por presentar un evidente dimorfismo sexual desde el nacimiento (Lluch-Belda, 1969; Le Boeuf *et al.*, 1983). En la etapa adulta, los machos alcanzan 200-300 Kg de peso y miden entre 2 y 2.5 m de largo; las hembras pesan entre 50-100 Kg y miden entre 150-200 cm (Peterson y Bartholomew, 1967 y Lluch-Belda, 1969). Los machos adultos tienen un cuello grueso y la cabeza esta coronada por una cresta sagital (Peterson y Bartholomew, 1967).

Los machos alcanzan la madurez sexual a los 5 años de edad, pero comienzan a reproducirse a partir de los 9 años, cuando alcanzan la talla necesaria para competir con otros machos por un territorio. Las hembras, también alcanzan la madurez sexual a los 5 años de edad y tienen una cría cada temporada reproductiva (Melin, 2002). La temporada reproductiva inicia a fines de mayo y termina a mediados de agosto (Peterson y Bartholomew, 1967; Bartholomew, 1970 y Aguilar-García y Aurioles-Gamboa, 2003a).

La proporción sexual al nacimiento es de 1:1 (Peterson y Bartholomew, 1967 y Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994), el periodo de gestación es de aproximadamente 11 meses y presentan implantación retardada del óvulo fecundado. Las hembras amamantan a la cría recién nacida durante 4-5 días continuos, después de este tiempo, alternan viajes de alimentación en el mar con períodos de cuidado y alimentación al crío en tierra (Antonelis *et al.*, 1990 y Aguilar-García y Aurioles-Gamboa, 2003b). El destete ocurre en promedio al año

de edad, aunque se han observado juveniles de hasta 3 años lactando (Peterson y Bartholomew, 1970; Francis y Heath, 1981 y Bonner, 1984).

1.2 Efecto de EL NIÑO (ENSO) en las tasas de reproducción en pinnípedos.

El fenómeno de El Niño es el resultado de cambios globales en los patrones oceanográficos y atmosféricos que alteran las dinámicas de los ecosistemas marinos por periodos de uno a dos años. Dichos cambios oceanográficos reducen temporalmente la capacidad de carga del ambiente marino al disminuir la producción primaria, la abundancia de invertebrados, peces y como consecuencia, la disponibilidad de alimento para depredadores marinos (Arntz *et al.*, 1991). La reducción en la disponibilidad de alimento puede causar alteraciones en la reproducción, el crecimiento y la supervivencia de algunos otáridos (De Long y Antonelis, 1991; De Long *et al.*, 1991; Lunn and Boyd, 1993; Guinet *et al.*, 1994; Boyd, 1996; Guinet *et al.*, 1998 y Pitcher *et al.*, 1998). Por ejemplo, en las hembras de lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*) que se reproducen durante periodos en los que hay reducción de alimento, pueden presentar retrasos en los partos, prolongación del periodo de gestación, abortos y baja producción de crías (De Long y Antonelis, 1991; De Long *et al.*, 1991; Trillmich y Dellinger, 1991; Lunn y Boyd, 1993; Boyd, 1996; Guinet *et al.*, 1998 y Pitcher *et al.*, 1998).

Las poblaciones del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en las islas de Canal de California se redujeron significativamente durante los años 1983, 1992 y 1993 como consecuencia de los cambios ambientales asociados con el evento de El Niño (Francis y Heath, 1991; De Long *et al.*, 1991 y Boness *et al.*, 1991). Por otro lado, la población de lobo marino de California de la lobera Isla Santa Margarita, costa oeste de la península de Baja California, presentó menor producción de crías y menor número de hembras reproductoras y machos subadultos (Aurioles y LeBouf, 1991) comparado con años normales. Sin embargo, estos autores no encontraron cambios significativos en la producción de crías en la lobera Los Islotes, costa este de la península de Baja California. Al contrario, la producción de crías en esta colonia ha incrementado significativamente desde hace dos décadas (Szteren *et al.* 2006).

1.3 Justificación.

El lobo marino de California es el pinnípedo más estudiado en nuestro país y su condición como depredador tope en la cadena alimenticia, como bioindicador de los ecosistemas que habita y por la categoría de *protección especial* que le asigna la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 (INE, 1994) justifican el interés por estudiar sus poblaciones.

Actualmente se conocen diversos aspectos sobre la biología reproductiva de este otárido (edad de madurez sexual, proporción sexual al nacimiento, duración del periodo de gestación, duración de la lactancia, etc.) sin embargo, parámetros como la tasa de nacimientos por edad prácticamente se desconocen a pesar de la importancia que tienen para el estudio de la dinámica de estas poblaciones.

La población de lobo marino de California en el Golfo de California ha disminuido en las últimas dos décadas (Szteren et al 2006) y su status actual no está claramente definido. Por esta razón, es necesario contar con parámetros de historia de vida que nos permitan desarrollar modelos demográficos para predecir la viabilidad de dicha población.

2. ANTECEDENTES.

Los estudios que incluyen la edad como factor en la reproducción son escasos para mamíferos de larga vida. Diversos autores coinciden en que el patrón en la tasa de nacimientos para hembras de algunos pinnípedos muestra una tendencia similar; baja tasa de nacimientos en los primeros años de vida, posteriormente se incrementa en individuos de mediana edad y luego disminuye en animales viejos; aunque varía dependiendo de la especie (Lluch, 1969; York y Hartley, 1981; Lander, 1981; Pitcher y Calkins, 1981; Vladimirov, 1982; York, 1983; Huber *et al.*, 1991; Trites y York, 1993; Lunn *et al.*, 1994; Bester, 1995; Boyd *et al.*, 1995; Lima y Páez, 1995 y Melin, 2002). Por ejemplo, en el lobo fino del norte, *Callorhinus ursinus*, la tasa de nacimientos por edad estimada a partir de la tasa de ovulación

de hembras capturadas con fines comerciales en Estados Unidos y Canadá, fue baja durante los tres primeros años de vida, a partir del cuarto año aumentó presentando un pico entre los 8 y 11 años, y declinó con la edad. El potencial de reproducción fue alto para hembras de 2 a 8 años de edad (York y Hartley 1981). El mismo patrón fue encontrado para esta población por Lander (1981), York, (1983) y Trites y York, (1993) y en otros pinnípedos como el lobo marino de Steller *Eumetopias jubatus* en el Gofu de Alaska (Pitcher y Calkins 1981) y el lobo fino de Sudamérica *Arctocephalus australis* (Lima y Páez 1995).

En el caso del lobo marino de California *Z. c. californianus* Lluch (1969), reportó la tasa de ovulación para hembras de 6 a 11 años de edad capturadas y sacrificadas en diversas colonias tanto del Pacífico mexicano como de El Golfo de California. De acuerdo con este autor, la edad de la primera reproducción es a los 6 años y la edad reproductora dominante es a los 8 años.

Solo en dos especies de pinnípedos se ha estimado la tasa de nacimientos a partir de la historia reproductiva de individuos marcados. En el lobo fino Antártico, *Arctocephalus gazella*, de las Islas Bird, las hembras tuvieron su primer cría entre los 3 y 4 años de edad. La tasa de nacimientos presentó un pico entre los 7 y 9 años, se mantuvo un par de años más y comenzó a decrecer (Lunn *et al.*, 1994). Este patrón fue reportado por Boyd *et al.*, (1995) para la misma población, pero en este caso el pico del índice reproductivo se presentó entre los 6 y los 9 años de edad.

Por otro lado, Melin (2002) estimó la tasa de nacimientos por edad de hembras marcadas de lobo marino de California *Z. c. californianus* de entre 5 y 12 años en la lobera de Isla San Miguel en California. La tasa de nacimientos fue baja a los 5 años y se incrementó notablemente desde los 6 hasta los 10 años en que empezó a declinar nuevamente. Es importante mencionar que en este estudio Melin (2002) comparó la producción de crías entre años Niño y años normales y encontró una baja producción en los años en los que se presentó este evento, aunque el patrón de tasa de nacimientos por edad específica no se vio alterado.

3. ÁREA DE ESTUDIO.

La lobera Los Islotes es la colonia reproductiva más sureña dentro del rango de distribución de la especie (Le Boeuf et al., 1983). Esta isla producto del fallamiento geológico, se localiza en el extremo norte del complejo insular Espíritu Santo - La partida, en los límites de la Bahía de La Paz, en el Golfo de California, México (24° 35' N, 110° 23' W) (Hernández-Camacho, 1996) (Figura 1). La temperatura del mar en esta zona alcanza su máximo en el mes de septiembre, casi 30°C, y un mínimo promedio de 20°C en el mes de enero (SEMARNAT, 2000).

La población de lobo marino en esta colonia se ha estimado en aproximadamente 300 individuos (Szteren et al. 2006). Para fines de este estudio la lobera fue dividida en 3 zonas: A, B y C de acuerdo con la distribución de animales descrita por Hernández-Camacho (1996) (Figura 1). Las zonas A y B localizadas en la parte este son zonas de reproducción, son más extensas y concentran a un mayor número de territorios e individuos, por otro lado la zona C está localizada en la parte Oeste, es utilizada como zona de solteros aunque en los últimos años se han establecido algunos territorios reproductivos (Hernández-Camacho, 2001).



Figura 1. Mapa del área y zonas de estudio (Los Islotes, B.C.S. México).

4. OBJETIVOS.

4.1 Objetivo General.

- Estimar la tasa de nacimientos por edad de hembras de lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* mayores de 10 años de edad en la colonia reproductiva Los Islotes, B.C.S., México.

4.2 Objetivos Particulares.

- Construir la historia reproductiva de hembras marcadas de cinco generaciones de lobo marino de entre 10 y 22 años de edad a partir de avistamientos registrados desde 1994 y hasta 2001.
- Continuar con el registro de hembras marcadas durante la temporada reproductiva 2002 y actualizar el historial de reproducción.
- Determinar si el evento de El Niño (ENSO) influyó en la probabilidad de reproducción de esta población.

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1 Marcado de crías.

Durante la temporada reproductiva de los años 1980 a 1984, investigadores del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) capturaron y marcaron con hierro caliente 190 crías de lobo marino de California en la lobera “Los Islotes” (Cuadro 1) (Aurioles y Sinsel, 1988). Las capturas se llevaron al cabo en la primera quincena del mes de julio de cada año, ya que en este periodo habían ocurrido la mayoría de los nacimientos (Aurioles y Sinsel, 1988). Cada individuo fue pesado y medido, y posteriormente marcado en el dorso con hierros calientes de 8 cm de

largo (Aurioles-Gamboa y Sinsel, 1988; Hernández-Camacho *et al.*, en Prensa) (Anexo 1).

Cuadro 1.- Número de crías marcadas por generación durante las temporadas reproductivas 1980-1984 en la lobera Los Islotes, B.C.S. México. Tomada de Hernández-Camacho 2001.

Generación	Individuos marcados		% Relativo al total de nacimientos
	Machos	Hembras	
1980	17	8	65.8
1981	18	17	76
1982	19	18	68.5
1983	24	26	100
1984	18	25	87.8
Total	96	94	$\bar{x}=79.6 \pm 12.7$

5.2 Registros acumulados 1994- 2001.

A partir del primer año de marcaje y hasta el año 2001 (excepto 1995), se realizaron visitas sistemáticas a la lobera durante la temporada reproductiva para registrar la presencia de hembras marcadas (Aurioles y Sinsel, 1988; Hernández-Camacho, 2001). Sin embargo, fue hasta 1994 cuando se comenzó a registrar la condición reproductiva de las hembras (con o sin cría). En 1994 las hembras marcadas tenían entre 10 y 15 años de edad por lo que no se cuenta con información para hembras jóvenes. Las observaciones se realizaron desde tierra y en lancha alrededor de la colonia utilizando binoculares. En general se invirtieron 6-8 días por mes (junio-agosto) y el esfuerzo de observación fue de 8-10 hrs/día. (Hernández-Camacho, 2001).

5.3 Registros para la temporada 2002.

En el presente trabajo se tomaron registros durante la temporada reproductiva 2002 siguiendo la misma metodología de años anteriores. La colonia se visitó durante 20 días en junio, julio y agosto con un esfuerzo de 10 horas al día (3 horas por zona). Las observaciones se realizaron en tierra desde puntos específicos de las tres zonas (Fig. 1) y desde una lancha alrededor de la isla. Los recorridos en lancha se realizaron tres veces al día (8:00 AM, 12:00 PM y a las 5:00 PM) todos los días. Los recorridos en lancha se realizaban a baja velocidad para no perturbar a los animales y poder localizar a los individuos marcados presentes. En cada avistamiento se registró la fecha, hora de avistamiento, marca de la hembra, condición reproductiva (con o sin cría) y zona en que fue avistada.

5.4 Supuestos del método: con cría o sin cría.

Una hembra se consideró reproductora cuando se observó amamantando a una cría o si presentó alguna conducta de atención a la cría como reconocimiento por olfato o vocalizaciones (Fig. 2 y 3).



Figura 2.- Hembra amamantando a su cría (Fotografía de Carlos Vázquez-Rivera).



Figura 3.- Reconocimiento por olfato (Fotografía de Carlos Vázquez-Rivera).

El análisis se basó en dos supuestos: 1) las hembras que no se observaron al cuidado de un crío o estuvieron ausentes durante una temporada se consideraron como hembras no reproductoras, 2) las hembras que no fueron observadas en una temporada y no volvieron a ser avistadas en temporadas posteriores se consideraron como muertas. Ambos supuestos se basan en el hecho de que el lobo marino de California se considera una especie altamente filópatra (los individuos regresan a reproducirse a la lobera donde nacieron) (Hernández-Camacho, 2001). Consecuentemente, la probabilidad de que una hembra marcada se estableciera o que diera a luz a una cría en otra colonia es baja.

5.5 Estimación de la tasa de nacimientos por edad.

La tasa de nacimientos se define como el número de nacimientos vivos que produce una hembra en un intervalo de tiempo, generalmente un año (Caughley, 1977). Debido a que el tamaño de muestra (tabla 1) era pequeño, las hembras se agruparon en 4 categorías de edad: 10 a 12 años, 13 a 15 años, 16 a 18 años y de 19 a 22 años.

La tasa de nacimientos por edad se calculó mediante la fórmula:

$$T_n = \frac{n_c}{n_x}$$

Donde:

T_n = Tasa de nacimientos

n_c = Numero de hembras con crío

n_x = Numero total de hembras avistadas

(Modificado de Caughley, 1977)

Para comprobar el efecto de la edad en la tasa de nacimientos se realizó una regresión logística binaria (Kutner *et al.*, 2005) utilizando el programa Glim 4.0.

5.6 Efectos de El Niño (ENSO) en la probabilidad de reproducción.

Entre 1994 y 2002 se presentaron dos eventos de El Niño de magnitud considerable (1997-1999 y 2002; Anexo 2), siendo el de 1997 el más intenso en los últimos 20 años (NOAA, 2004). Se graficó el porcentaje de hembras marcadas con y sin cría contra el Southern Oscillation Index (SOI) para determinar si el evento de El Niño influyó en la probabilidad de tener una cría en las hembras marcadas. El SOI es el índice utilizado para medir la intensidad del fenómeno internacionalmente; los valores mas cercanos al cero representan una mayor intensidad de el Niño (NOAA, 2004). Los valores mensuales del SOI se promediaron para los años y meses en que se realizaron los muestreos (1994-2002 y junio, julio y agosto respectivamente). Este análisis fue meramente exploratorio por lo que no se uso ninguna prueba estadística.

6. RESULTADOS.

6.1 Historia reproductiva.

A partir del año 1994 y hasta el 2001, el personal del laboratorio de mamíferos marinos del CICIMAR, registró 203 avistamientos de hembras marcadas y su condición reproductiva. Para el año 2002 el total de registros se incrementó a 220 (n_x) (Cuadro 2) de las cuales 154 (n_c) se observaron con cría (70%).

Cuadro 2.- Número de hembras de lobo marino de California *Z. c. californianus* registradas por año en Los Islotes B. C. S.

Año	No. de Hembras
94	38
96	36
97	33
98	27
99	23
00	26
01	20
02	17
Total	220

Las hembras de 10-12 años presentaron la tasa de nacimientos más alta (0.76) y la tasa de nacimientos disminuyó con la edad hasta llegar a 0.38 en hembras de 19 a 22 años de edad (Figura 4).

Al encontrarse una relación negativa y estadísticamente significativa entre la edad de las hembras marcadas y la probabilidad que tienen de reproducirse a lo largo del tiempo, el modelo logístico demostró que la edad influye en la tasa de nacimientos ($X^2=11.69$, $GL=1$, $P=0.0006$, $R^2= 0.0372$) (Fig. 4). Nuestro valor de R^2 es pequeño lo que indica que existen otros factores (ambientales, calidad del alimento, etc.) que influyen en la tasas de nacimientos además de la edad.

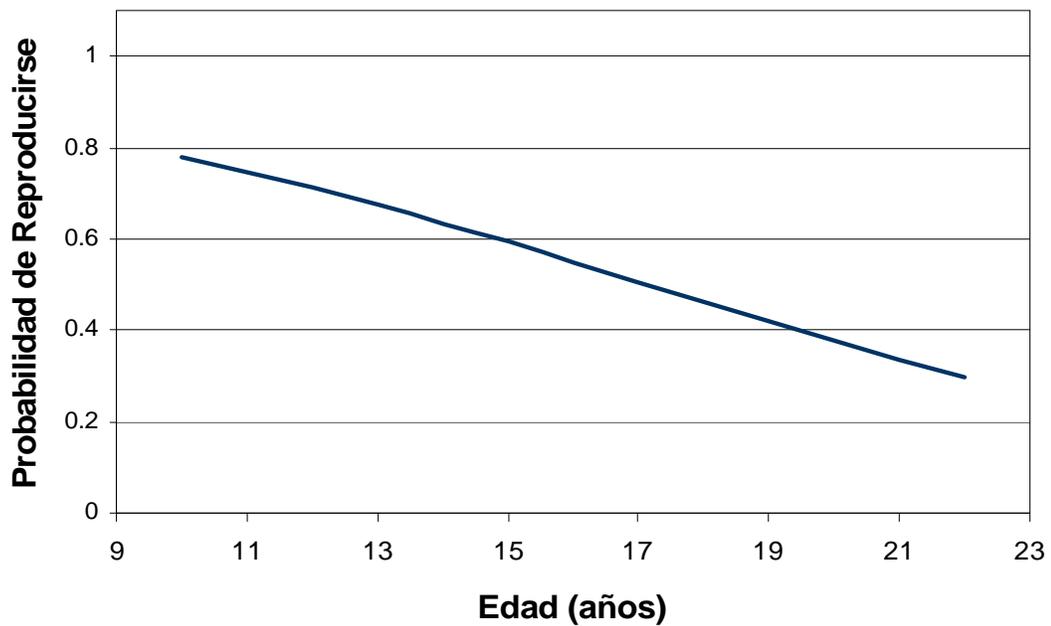


Figura 4.- Probabilidad de reproducirse a lo largo del tiempo de las hembras de lobo marino de California *Z. c. californianus* registradas por año en Los Islotes B.C.S.

6.2 Evento de El Niño (ENSO).

Se observó que el fenómeno de El Niño no tiene aparentemente ningún efecto negativo sobre el éxito reproductivo de las hembras marcadas en esta colonia, ya que en los años 1999 y 2000 que presentaron los valores del Southern Oscillation Index (SOI) más cercanos al cero y por lo tanto una mayor intensidad del fenómeno, los porcentajes de hembras con cría fueron del 60% y 70% respectivamente (Fig. 5). Es importante mencionar que solo se tomaron en cuenta los valores promediados del SOI para los meses en que se realizaron los muestreos y no se tomaron en cuenta las edades de las hembras.

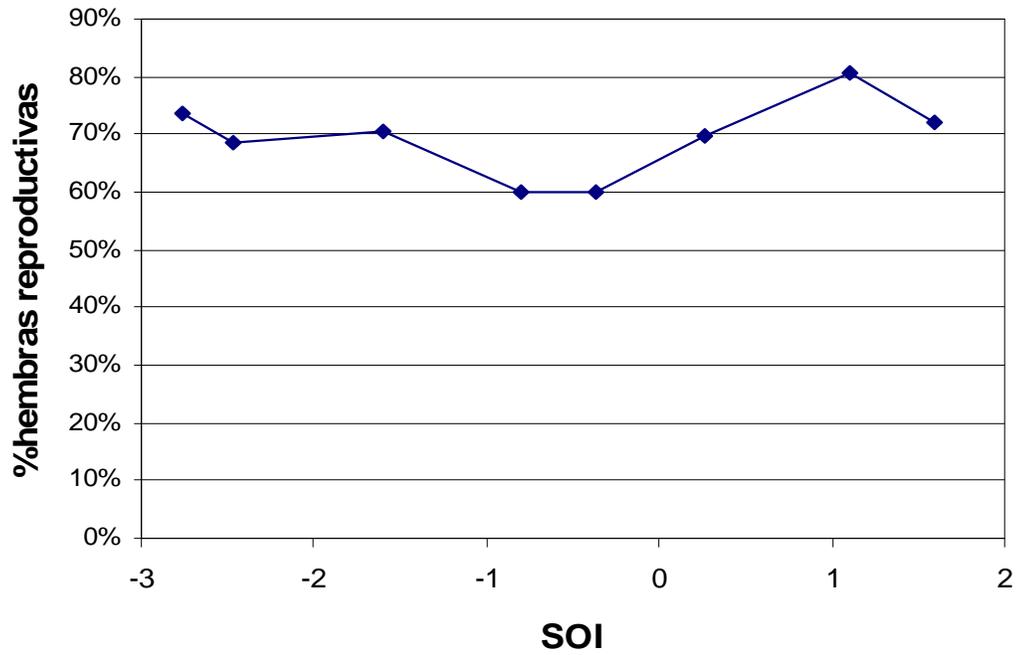


Figura 5.- El porcentaje de hembras reproductoras de lobo marino de California *Z. c. californianus* en Los Islotes B.C.S. México, se mantiene por arriba del 50% aún en los años más críticos (1999 y 2000).

7. DISCUSIÓN.

7.1 Método de marcado con hierro caliente.

En el presente trabajo se describió el patrón de tasa de nacimientos por edad de hembras de lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828) a partir de la historia reproductiva de individuos de edad conocida de cinco generaciones. A diferencia de otras técnicas de identificación utilizadas en pinnípedos, el marcado con hierro caliente permitió la obtención de datos precisos. Las marcas con hierro caliente perduran a lo largo del tiempo y son fáciles de leer por cualquier observador y desde grandes distancias (Fig. 6 y Anexo 1), lo que disminuye el error de identificación (Hernández-Camacho, 2001).



Figura 6.- Marcas hechas con hierro caliente desde el nacimiento, hembra 40 (Fotografías de Carlos Vázquez-Rivera).

Otra ventaja de las marcas de hierro caliente es que no se distorsionan. Hernández-Camacho (2001), calculó que únicamente el 18% de las marcas sufría algún tipo de distorsión resultando en una adecuada identificación de los individuos a lo largo del tiempo. Además Auriol y Sinsel (1988) y Hernández-Camacho (2001) determinaron que el marcado con hierro caliente no resultó perjudicial para la supervivencia de los individuos de esta población (Hernández-Camacho, 2001).

Por todas estas ventajas, el marcado con hierro caliente permitió determinar las tasas de nacimiento de individuos de edad conocida sin la necesidad de sacrificar a los animales para analizar sus órganos reproductores y sus dientes como se ha hecho en otros pinnípedos (Lluch-Belda, 1969; Pitcher y Calkins, 1981; DeMaster, 1981; York y Hartley, 1981; York, 1983; Huber *et al.*, 1991; Trites y York, 1993; Bester, 1995; Lima y Páez, 1995; Pitcher *et al.*, 1998).

7.2 Tasa de natalidad por edad.

La tasa de nacimientos en hembras mayores de 10 años disminuyó con la edad. Aunque no se tienen datos para hembras reproductoras menores de 10 años de edad, las tasas de natalidad descritas para hembras jóvenes en lobos marinos de las Islas del Canal en California (Melin 2002) sugieren que las tasas de natalidad en hembras jóvenes se incrementan con la edad (Fig. 7).

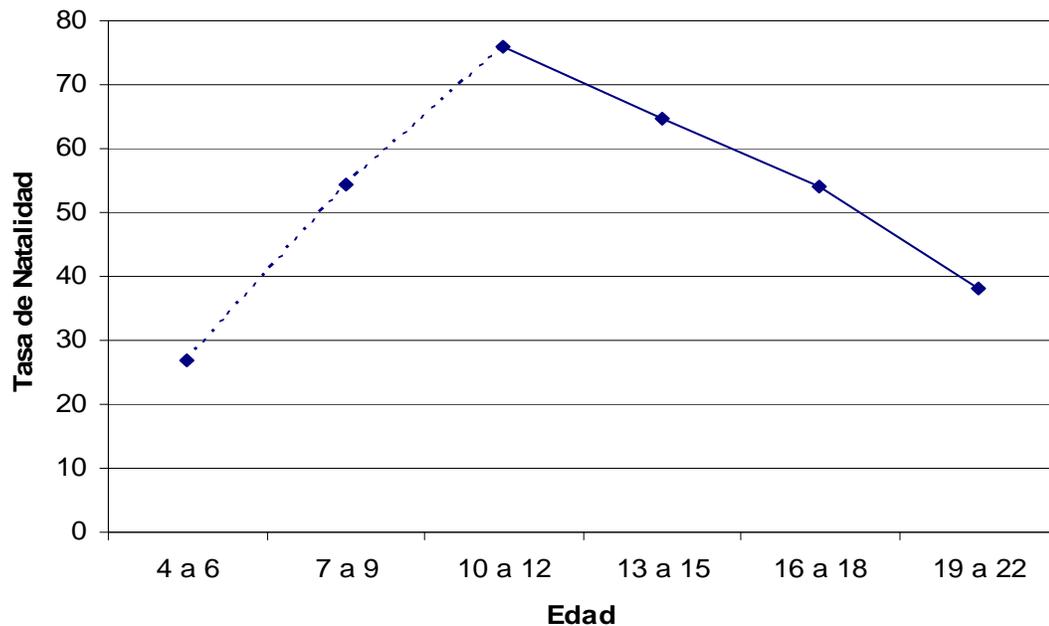


Fig. 7.- Tasa de natalidad por edad para el todo el ciclo de vida del lobo marino de California. Los valores para hembras de 4 a 6 y 7 a 9 años de edad fueron tomados de Melin (2002) y para hembras de 10 a 22 años fueron obtenidos en el presente estudio.

Aunque varían de acuerdo a la especie, el patrón de natalidad por edad del lobo marino de California es similar al patrón de natalidad reportado en otros pinnípedos (Lunn *et al.*, 1994 y Dabin *et al.*, 2004). Este patrón se caracteriza por bajas tasas de natalidad en hembras jóvenes y hembras viejas y altas tasas de natalidad en hembras de mediana edad muy similar a una distribución normal. La baja tasa de fecundidad en hembras jóvenes y viejas puede deberse a que las

hembras jóvenes son inexpertas en encontrar los mejores sitios de alimentación y a que en las hembras viejas, a pesar de su experiencia, su condición física va en decadencia y no es óptima para mantener el costo energético asociado a la reproducción (Melin, 2002).

Las tasas de natalidad siempre son menores que las tasas de preñez debido a que no todos los óvulos expulsados son fecundados y no todos los embarazos finalizan en nacimientos vivos (Melin, 2002). Melin (2002) encontró que la tasa de natalidad de hembras jóvenes de lobo marino de California es menor que las tasas de preñez reportadas para otras especies de pinnípedos (lobo fino del norte, York, 1987; lobo fino sudamericano, Lima y Páez, 1995; lobo fino subantártico, Bester, 1995 y lobo fino antártico, Boyd *et al.*, 1995). En el presente trabajo se realizó la misma comparación entre hembras de lobo marino de California mayores de 10 años de edad y hembras de otras especies de pinnípedos. En algunos casos se agruparon las edades en rangos de edad iguales a los utilizados por los diferentes autores (Cuadro 3). Al igual que en el estudio de Melin (2000), se observó que la tasa de nacimientos es menor a la tasa de preñez, sin que esta diferencia sea mayor a la reportada por Melin (2002). Sólo en el caso del lobo fino subantártico (Bester, 1995) la tasa de natalidad es mayor y esto puede deberse al pequeño tamaño de muestra utilizado en ese estudio.

Cuadro 3.- Comparación entre la tasa de natalidad y la tasa de preñez en el lobo marino de California *Z. c. californianus* y algunas especies de pinnípedos.

	Edad	12 a 23	10 a 22	10 a 15	10 a 21	Fuente
<i>Tasa de natalidad</i>						
Lobo marino de California		0.6	0.5	0.58	0.5	
<i>Tasa de preñez</i>						
Lobo fino subantártico		0.56*				Bester (1995)
Lobo fino del norte			0.69*			Lander (1982)
Lobo fino antártico				0.68*		Boyd <i>et al</i> (1995)
Lobo marino de Steller					0.62*	Pitcher y Calkins (1981)

Las tasas de natalidad por edad para el lobo marino de California reportadas en el presente trabajo son similares a las reportadas en poblaciones de pinnípedos que se encuentran en aumento (Lima y Páez, 1995; Bester, 1995 y Boyd *et al.*, 1995). Szteren et al (2006) demostraron que la población y la producción de crías de lobo marino de California de Los Islotes, B.C.S. ha aumentado en los últimos 20 años.

El esquema de tasa de nacimientos por edad para hembras de lobo marino de California sienta un precedente para futuros estudios que permitan describir la dinámica de ésta y otras poblaciones de esta especie.

7.3 El Niño (ENSO) y sus posibles efectos sobre la probabilidad de reproducción.

Eventos como El Niño producen cambios en el medio ambiente capaces de alterar a los ecosistemas obligando a los miembros de una población a modificar sus estrategias de vida para garantizar su supervivencia (De Long y Antonelis, 1991; De Long *et al.*, 1991; Lunn y Boyd, 1993; Guinet *et al.*, 1994; Boyd, 1996; Guinet *et al.*, 1998 y Pitcher *et al.*, 1998). Tal es el caso del lobo marino de California en la colonia San Miguel, en California, donde hay una disminución significativa de entre 20.5 y 42.1% en las tasas de natalidad en hembras de mediana edad (5 a 11 años) como consecuencia del fenómeno climatológico El Niño y no a la edad propia de los individuos) (Melin, 2002).

Sin embargo, en Los Islotes, el fenómeno de El Niño no causó ningún efecto negativo en las tasas de reproducción. Por ejemplo, entre un 60 y 70% de hembras de entre 10 y 22 años de edad tuvieron crías durante el fenómeno que se presentó en los años 1999 y 2000 (Fig. 5). Estos resultados coinciden con Auriolles y Le Boeuf (1991) quienes analizaron la producción y la mortalidad anual de crías por medio de censos realizados durante 8 años seguidos, determinando que dicho fenómeno no impacta negativamente a la colonia establecida en esta lobera.

El aparente éxito reproductivo de los lobos marinos de la lobera Los Islotes durante condiciones ambientales adversas puede deberse a diferentes razones:

- Al ubicarse dentro del Golfo de California, la colonia de Los Islotes se encuentra protegida de los efectos de El Niño. Debido a la alta productividad primaria que se presenta en esta zona incluso en los años en que el fenómeno es más intenso, se presentan condiciones favorables (Auriolles y Le Boeuf, 1991), esto puede significar abundancia de alimento. Por el contrario, las colonias ubicadas en el océano Pacífico (como la isla San Miguel), influenciadas directamente por la Corriente de California, se ven afectadas directamente por el fenómeno de El Niño (Arntz *et al.*, 1991).

- Las hembras de *Z. c. californianus* de distintas edades responden de manera diferente ante los cambios en el medio ambiente. Mientras las hembras jóvenes son inexpertas y las viejas no cuentan con la misma fortaleza física, las hembras maduras cuentan con ventajas tanto por su condición física como por su experiencia en la reproducción y búsqueda de alimento.
- Finalmente, se debe tomar en cuenta que para efectos de este estudio solo se consideraron los valores del Southern Oscillation Index (SOI) promediados para los meses en que se llevaron a cabo los muestreos (junio, julio y agosto), los cuales representan el periodo en el que ocurren la mayoría de los nacimientos en esta colonia y son un índice regional no local. Al no abarcar todos los meses del año dado que nuestro interés se centra en los efectos sobre la reproducción, esto podría mostrar un panorama parcial de los efectos de El Niño en la probabilidad de reproducción, sin embargo el alto porcentaje de hembras con crías observadas durante esas temporadas reproductivas sugieren que esta especie no se ven afectadas por este fenómeno meteorológico durante su periodo de gestación.

8. CONCLUSIONES.

1. El método de marcado con hierro caliente es la mejor herramienta para estudios que requieran de una plena identificación de organismos de vida larga como el lobo marino de California.
2. La edad es un factor determinante en la fecundidad de las hembras de lobo marino de California ya que se observan bajas tasas de natalidad en hembras jóvenes y hembras viejas y altas tasas de natalidad en hembras de mediana edad.
3. La fecundidad por edad específica de *Z. c. californianus* presenta un patrón general en forma de “u” invertida similar a una distribución normal igual al de otras especies de otáridos.
4. La probabilidad de reproducirse de las hembras de la colonia Los Islotes, B.C.S., México no fue afectada negativamente por el fenómeno de El Niño.
5. Debido a las facilidades que ofrece el marcaje definitivo, se debe llevar a cabo esta técnica en más poblaciones para obtener datos precisos que permitan un mayor conocimiento sobre la dinámica poblacional de esta especie en todo su rango de distribución.

9. LITERATURA CITADA.

- Antonelis, G.A., B. S. Stewart y W. L. Perryman. 1990. **Foraging Characteristics of Female Northern Fur Seals (*Callorhinus ursinus*) and California sea lions (*Zalophus californianus*)**. Canadian Journal of Zoology; **68**:150-158
- Aurioles-Gamboa, D. 1988. **Behavioral Ecology of California Sea Lions in the Gulf of California**. Tesis de Doctorado. Universidad de California. Santa Cruz, California.
- Aurioles-Gamboa, D. y A. Zavala-González. 1994. **Algunos Factores Ecológicos que Determinan la Distribución y Abundancia del Lobo Marino *Zalophus californianus*, en el Golfo de California**. Ciencias Marinas. **20**: 535-553
- Bartholomew, G. A. 1970. **A Model for the Evolution of Pinniped Polygyny**. Evolution. **24**:546-559
- Bester, M. N. 1995. **Reproduction in the Female Subantarctic Fur Seal, *Arctocephalus Tropicalis***. Marine Mammal Science. **11**: 362-375.
- Bonner, W N. 1984. **Lactation strategies in pinnipeds: Problems for a Marine mammalian group**. Symposium of the Zoological Society of London. **51**: 253-272
- Boyd, I. L; J. P. Croxall; N. J. Lunn y K. Reid. 1995. **Population Demography of Antarctic Fur Seals: the costs of reproduction and implications for life-histories**. Journal of Animal Ecology. **64**:505-518
- Caughley, G. 1977. **Analysis of Vertebrate Populations**. Ed. John Wiley y Sons. U. S. A.
- Colwell, R. K. 1974. **Predictability, Constancy and Contingency of Periodic Phenomena**. Ecology. **55**:1148-1153
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2000. **Programa de Manejo Complejo Insular del Espíritu Santo**. SEMARNAT
- Croxall, J. y R. Gentry. 1987. **Status, Biology and Ecology of Fur Seals**. NOAA Technical Report NMFS 51

- Dabin, W., G. Beauplet, E. A. Crespo y C. Guinet. 2004. **Age structure, growth, and demographic parameters in breeding-age female Subantarctic fur seals, *Arctocephalus tropicalis***. Canadian Journal of Zoology 82:1043-1050.
- DeMaster, D. 1981. **Estimating the Average Age of First Birth in Marine Mammals**. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. **38**: 237-239
- Francis, J. M. y C. B. Heath. 1991. **The effects of El Niño on the frequency and sex ratio of suckling yearlings in the California sea lion**. In Trillmich *et al.* 193-201
- Ono, editores. 1991. **Pinnipeds and El Niño**. Springer-Verlag
- García, E. y P. Musiño. 1969. Los Climas de Baja California. Inst. de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F.
- García-Aguilar, M. C. and D. Aureoles-Gamboa. 2003^a. **Breeding season of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, México**. Aquatic Mammals. **29**:67-76
- García-Aguilar, M. C., y D. Aurióles-Gamboa. 2003^b. **Cuidado materno en el lobo marino de California en Los Islotes, Golfo de California, México**. Ciencias Marinas 29:
- García-Rodríguez, F. 1999. **Cambios Espaciales y Estacionales en la Estructura Trófica y Consumo del Lobo Marino de California, *Zalophus californianus*, en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California**. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. México
- Gentry, R. L. y G. L. Kooyman. 1986. **Methods of Dive Analysis**. En Fur Seals: Maternal Strategies in Land and Sea. Gentry, R. L. y G. L. Kooyman eds. Princeton University Press. Princeton, N. J.
- Hernández-Camacho, C. J. 1996. **Dinámica Poblacional del Lobo Marino de California *Zalophus californianus*, en la Lobera Los Islotes, Golfo de California, México**. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Hernández-Camacho, C. J. 2001. **Tabla de Vida del Lobo Marino de California *Zalophus californianus californianus* en la Lobera Los Islotes, B. C. S.**

- México.** Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. S. México
- Hernández-Camacho, C. J., D. Aurióles-Gamboa; J. Forcada y D. A. Croll. En prensa. **Survival Patterns of the California Sea Lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California.**
- Hindell, M. A. y G. J. Little. 1998. **Longevity, Fertility and Philopatry of Two Female Southern Elephant Seals (*Mirounga leonina*) at Macquarie Isly.** Marine Mammal Science. **4**: 168-171
- Huber, H. R; A. C. Rovetta; L. A. Fry y S. Johnston. 1991. **Age-Specific Natality of Northern Elephant Seals at the South Farallon Islands, California.** Journal of Mammalogy. **72**: 525-534
- Instituto Nacional de Ecología. 2002. **www.ine.gob.mx**
- Krebs, Ch. J. 1985. **Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance.** Trhird edition. Harper y Row Publisher. Nueva York, U. S. A.
- Kunter, H. M., C. J. Nachtsheim, J. Neter y W. Li. 2005. **Applied linear statistical models.** 5th edition. McGraw-Hill, Nueva York
- Le Boeuf, B. J., D. Aurióles, R. Condit, C. Fox, R. Gisiner, R. Romero y F. Sinsel. 1983. **Size and Distribution of the California Sea Lion Population in Mexico.** Proceedings of the California Academic of Sciences. **43**: 77-118
- Lima, M y E. Páez. 1995. **Growth and Reproductive Patterns in the South American Fur Seal.** Journal of Mammalogy. **76**: 1249-1255
- Lowry, M. S., B. S. Stewart; C. B. Heath; P. K. Yochem y J. M. Francis. 1991. **Seasonal and Annual Variability in the Diet of California Sea Lions *Zalophus californianus* at San Nicolas Island, California, 1981-86.** Fishery Bulletin. U.S. **89**:331-336
- Lowry, M. S., C. W. Oliver; C. Macky y J. B. Wexler. 1990. **Food Habits of California Sea Lions *Zalophus californianus* at San Clemente Island, California, 1981-86.** Fishery Bulletin, U S. **88**:509-521
- Lunn, N. J., I. L. Boyd y J. P. Croxall. 1994. **Reproductive Performance of Female Antartic Fur Seals: The Influence of Age, Breeding Experience, Environmental Variation and Individual Quality.** Journal of Animal Ecology. **63**:827-840

- Lluch, D. 1969. **El Lobo Marino de California, *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828). Observaciones Sobre su Ecología y Explotación.** Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- Lluch-Cota, S. E., A. E. Aragón-Noriega., F. Arreguín-Sánchez., D. Auriolles-Gamboa., J. J. Bautista-Romero., R. C. Brusca., R. Cervantes-Duarte., R. Cortés-Altamirano., P. Del-Monte-Luna., A. Esquivel-Herrera., G. Fernández., M. E. Hendrickx., S. Hernández-Vázquez., H. Herrera-Cervantes., M. Kahru., M. Lavín., D. Lluch-Belda., D. B. Lluch-Cota., J. López-Martínez., S. G. Marinone., M. O. Nevárez-Martínez., S. Ortega-García., E. Palacios-Castro., A. Perés-Sierra., G. Ponce-Díaz., M. Ramírez-Rodríguez., C. A. Salinas-Zavala., R. A. Schwartzlose y A. P. Sierra-Beltrán. 2007. **The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges.** Progress in Oceanography. **73**:1-26.
- Margalef, R. 1980. **Ecología.** Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España.
- Merrick, R. L., T. R. Loughlin and M. N. Bester. 1996. **Hot branding: a technique for long term marking of pinnipeds.** NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-68. 21
- McCallum, H. 2000. **Population Parameters.** Blackwell Science LTD. Reino Unido.
- Melin, S. 2002. **The Foraging Ecology and Reproduction of the California Sea Lion (*Zalophus Californianus californianus*).** Tesis de Doctorado. Universidad de Minnesota. E.U.A.
- NOAA, 2004. Pagina Web. www.cdc.noaa.gov
- Orta-Dávila, F. 1988. **Hábitos Alimentarios y Censos Globales del Lobo Marino *Zalophus californianus* en el Islote El Racito, Bahía de las Ánimas, Baja California. México Durante octubre 1986-1987.** Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B. C.
- Peterson, R. S. y A. G. Bartholomew. 1967. **The Natural History and Behavior of the California Sea Lion.** The American Society of Mammalogist Special Publication. **1**:79
- Pitcher, K. W. y D. G. Calkins. 1981. **Reproductive Biology of Steller Sea Lions in the Gulf of Alaska.** Journal of Mammalogy. **62**: 599-605
- Pitcher, K. W; D. G. Calkins y G. W. Pendleton. 1998. **Reproductive Performance of Female Steller sea lions: an Energetics-Based Reproductive Strategy?** Canadian Journal of Zoology. **76**: 2075-2083

- Read, A. 1990. **Age at Sexual Maturity and Pregnancy Rates of Harbour Porpoises *Phocoena phocoena* from the Bay of Fundy.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. **47**: 561-565
- Riedman, M. 1990. **The Pinnipeds. Seals, Sea Lions and Walruses.** University of California Press. U. S. A.
- Szteren D., D. Auriolos and L. Gerber. 2006. Population status and trend of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. Pp.369-384. En A. W. Trites, S. K. Atkinson, D. P. DeMaster, L. W. Fritz, S. T. Gelatt, L. D. Rea y K. M. Wynne, (eds). **Sea lions of the world.** Alaska Sea Grant College Program. University of Alaska Fairbanks
- Trites, A. y A. York. 1993. **Unexpected changes in reproductive rates and mean age at first birth during the decline of the Pribilof Northern fur Seal (*Callorhinus ursinus*).** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. **50**:858-864
- Vladimirov, V. A. 1982. **On the possibility of determining the newly born fur seal pups number according to the age composition of the fur seals females.** Procc. XXV Meet. N. Pac. Fur Seal Comm., Doc. NPFSC/WS/82/URSS.
- Wilbur, H. M; D. W. Tinkle y J. P. Collins. 1974. **Environmental Certainty, Thropic Level and Resource Availability in Life History Evolution.** The American Naturalist. **108**:805-817
- York, A. E. y J. R. Hartley. 1981. **Pup Production Following Harvest of Female Northern Fur Seals.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. **38**: 84-90
- York, A. E. 1983. **Average Age at First Reproduction of the Northern Fur Seal (*Callorhinus ursinus*).** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. **40**:121-127

Anexo 1.- Marcas hechas con hierro caliente desde el nacimiento, hembras 113 y 03 (Fotografías de Carlos Vázquez-Rivera).



Anexo 2.- Eventos de El Niño registrados desde 1950 hasta 2004 por la NOAA.
 Tomada de www.cdc.noaa.gov.

