



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA
CALIFORNIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS**



**ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE SITIOS DE CRIANZA DEL LOBO
MARINO DE CALIFORNIA, *Zalophus Californianus*, EN EL PACÍFICO
MEXICANO**

TESIS

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

MARÍA DE LOS ÁNGELES MILANÉS SALINAS

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. MAYO DE 2012.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE SITIOS DE CRIANZA DEL LOBO
MARINO DE CALIFORNIA, *Zalophus Californianus*, EN EL PACÍFICO
MEXICANO

TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS
REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL
GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA
COSTERA

PRESENTA

MARÍA DE LOS ÁNGELES MILANÉS SALINAS

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. MAYO 2012.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE SITIOS DE CRIANZA DEL LOBO
MARINO DE CALIFORNIA, *Zalophus Californianus*, EN EL PACÍFICO
MEXICANO

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

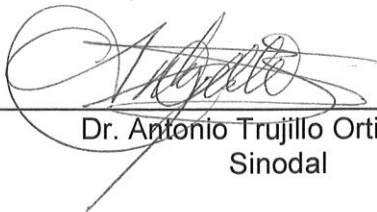
PRESENTA

MARÍA DE LOS ÁNGELES MILANÉS SALINAS

Aprobada por:



Dr. Yolanda Schramm Urrutia
Director de tesis



Dr. Antonio Trujillo Ortiz
Sinodal



M en C Ricardo Eaton González
Sinodal

RESUMEN

El lobo marino de California (*Zalophus californianus*) es el pinnípedo de distribución más amplia y de mayor abundancia en México, se distribuye desde las Islas Vancouver en Canadá, hasta las Islas Marías en México, incluyendo el Golfo de California. Actualmente su población global se estima en 350 mil individuos, de los cuales aproximadamente 63 mil se encuentran en la costa oeste de la Península de Baja California. Las áreas reproductivas comprenden islas del sur de California, Estados Unidos de América, islas del Pacífico Mexicano y dentro del Golfo de California, México. Durante la temporada reproductiva se desplazan grandes distancias desde su distribución original hacia los sitios reproductivos, pero se desconoce un patrón de migración estable. El tipo de hábitat va desde áreas rocosas hasta playas arenosas y se presume la ausencia de preferencia de hábitat en la población del Pacífico Mexicano. El objetivo de este trabajo fue estimar la abundancia de la población del lobo marino de California, así como describir las características y distribución de los sitios de crianza en diez islas del Pacífico Mexicano. Durante el verano (22 de junio al 23 de septiembre) de 2010 se visitaron 10 islas (Islas Coronado, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, Isla Guadalupe, Isla de Cedros, Islas Benito, Natividad, Asunción y San Roque) para contabilizar (conteo directo) y categorizar los organismos. Simultáneamente a éstos conteos se capturaron imágenes para obtener un nuevo conteo (conteo indirecto) y realizar comparaciones para establecer un mejor método de conteo para esta especie. Los conteos directos resultaron mejor método de conteo y se recomiendan los conteos indirectos sólo cuando se asegure una aproximación a la isla menor de 20 m. Se estimó la abundancia absoluta con base en la metodología usada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005) y por medio de factores de corrección (crías: 50%; hembras: 23% y 54%) propuestos por Bonell y Ford (1987). La primera estimación resultó en un total de entre 54,482 y 52,846 individuos (tasas de crecimiento anual de 0.4% y 0.6%, respectivamente). El segundo método arrojó un total de 33,447 individuos. Se recomienda como mejor estimador el propuesto por Lowry y Maravilla-Chávez (2005) debido a que contempla la tabla de vida del lobo marino de California y una tasa de crecimiento anual. Se elaboraron mapas en un sistema de información geográfica de la distribución de las crías para identificar áreas de crianza; no se encontraron sitios preferidos. Los sitios que presentaban un mayor número de crías se caracterizaron por poseer plataforma rocosa con o sin pozas de marea y protegidas del

oleaje, seguidas de playas con sustrato arenoso expuestas al oleaje y acantilados sin pozas de marea protegidos del oleaje. Se reportan como islas reproductivas incipientes Todos Santos, San Martín e Isla Guadalupe. Se plantea la posibilidad de que exista una redistribución hacia el norte de la población de lobo marino de California en esta región, generando una disminución en la abundancia frente a una anomalía climática.

Palabras clave: lobo marino de California, *Zalophus californianus*, abundancia, sitios de crianza, México.

DEDICATORIA

ESTE TRABAJO Y TODO SU SIGNIFICADO LO DEDICO A MIS PADRES, PORQUE SIEMPRE ME HAN ALENTADO A PERSEGUIR Y LUCHAR POR MIS SUEÑOS.

A MI ABUELO, QUE EN PAZ DESCANSE.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por la beca otorgada para poder realizar mis estudios de maestría.

A CONACYT-SEMARNAT por el apoyo económico para la realización de este proyecto dentro de la convocatoria S0010-2006-1.

A la UABC- FCM-IIO y Facultad de Ciencias, Biología. Por darme la formación de Bióloga que complementó mi formación con la maestría.

A la SEMAR por su apoyo en la logística de este proyecto y sus navegaciones y traslados hacia islas Coronados, Cedros y San Benito en la interceptora.

A mi comité de tesis por todas las correcciones y comentarios que hicieron posible darle forma a la tesis. Gracias por tomarse un tiempo y revisarla a fondo, aun cuando tenían miles de ocupaciones, Muchas Gracias.

A la Dra. Yolanda Schramm, por sus clases de vertebrados y mamíferos marinos, por exponernos ante más de 30 oceanólogos en sus clases para demostrar que 2 biólogas no tienen miedo. Por sacar de mí el amor por la vida en el mar. Por darme la oportunidad de trabajar con ella en este proyecto y creer en mí aunque le haya sacado varias de esas canas que porta hoy en día.

A la Dra. Gisela Heckel, por permitirme trabajar con ella en la observación de mamíferos marinos que fascinaron mi curiosidad y me atraían más a esta área del conocimiento. Gracias por sus enseñanzas en campo y la tremenda organización que es muy necesaria.

Muchas gracias doctoras por darme la oportunidad de conocerlas y trabajar con ustedes, por su apoyo a lo largo del camino que tiene como fin este trabajo. Gracias Yoli de todo corazón por pelear por mí en más de una ocasión, ¡MIL8MIL GRACIAS!

Al próximo Doctor Ricardo Eaton, por darme sapes en cada reunión de avances y hacerme ver mis errores, por supuesto, celebrando mis puntadas. Por todas las ideas que revolvíamos para poder llegar al objetivo.

Al Dr. Antonio Trujillo, gracias, por dar tiempo a la revisión de este trabajo cuando la situación estaba muy difícil para hacerlo. Aprecio mucho el esfuerzo, las mejores vibras para él y su familia.

A mis amigas Biól. Nadya Leal, M en C Rosario Jara y Biól. Luvia García (próximamente M en C), por apoyarme mientras sufría con la tesis y trabajo de campo. Por sonsacarme para evitar caer en la locura ☺ y no puede faltar la M en C Berthanachi por su amistad a lo largo de estos 10 años, por ser mi conciencia y recordarme los deberes de estudiante, por apoyarme en todo momento y ser parte del equipo de trabajo (tanto en la maestría como en la licenciatura). Gracias por aguantar mi pérdida de memoria a corto plazo y todas las impertinencias que me caracterizan ☺, gracias por ser como una hermana para mí. Muchas Gracias!

A mis amigos oceanólogos Lupe, Denise y Raul, por ayudarme con algunas pruebas para la tesis y miles de dudas que me brotaban, por el trabajo en campo y hacer más placentero mi paso por las oceanografías. Gracias Raul por dejarme trabajar en tu casa de metiche y por tu ayuda con mis mapas. A la roomie Oc. Alejandra Baez, por todo su trabajo en el proyecto, por ayudarme con los mapas y el mundo oscuro del ArcGis, por las fotos, por la organización de los servicios sociales, por el trabajo en campo, por no ahorcarme en las navegaciones cuando mis manos de estómago echaban a perder alguna pertenencia suya. Gracias rizados por aguantarme estos años de amistad, trabajo, fiestas *et. al.*,

Al Oc. Eulogio López Reyes, por su apoyo en la toma de datos durante el trabajo de campo y en cada una de las navegaciones, por su colaboración en el proyecto y por sus enseñanzas.

A todos los servicios sociales que ayudaron de una u otra manera en el proyecto, a Alejandro Arias por su ayuda en la elaboración de las secuencias con las imágenes y mapas, a la M en C Esther Jiménez por la elaboración del mapa base del área de estudio.

Al grupo GECl y en especial al M en C Julio Montoya, por su apoyo durante la navegación a Guadalupe, por su hospitalidad y buen humor ante la tempestad del clima, ¡gracias!

Señor Don Eulogio, muchas gracias por su valentía, por cuidarnos de los peligros que hay en las salidas de campo y por figurar como representante de un padre en las salidas a las islas. Muchas gracias de todo corazón. Tío Tío Tío!!!!

Gracias a mis papás, darme siempre todo lo que estuvo a su alcance y siempre velar por mi futuro. Por ser un ejemplo a seguir, por sus jalones de orejas y regaños para que no me saliera del costal, por dejarme ser alguien en la vida. Muchas gracias, son un orgullo para mí.

A mis hermanos Mole y mi Diva, a mi Pollito, gracias por dejarme ser parte de su vida y apoyarme en cada paso que daba en mi carrera. Por aquellas pláticas llenas de risas y a la vez alentadoras. Son una bendición para mí. A mi hermano Fran y mi cuñada Rebeca por estar siempre pendientes de mi carrera y apoyarme siempre cuando acudí a ellos, muchas gracias por ser una bonita familia e incluirme en ella.

Finalmente muchas gracias a las cooperativas de pescadores presentes en cada una de las islas del área de estudio, por su amplia disponibilidad y ayuda en la colecta de datos de este proyecto. A cada uno de los pangueros que nos llevaron y cumplían todas nuestras exigencias para movernos alrededor de la isla y poder contar mejor.

Gracias a todos los que participaron en este proyecto y que seguramente olvidé escribir sus nombres ¡muchas gracias!.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 DISTRIBUCIÓN	4
2.2 ABUNDANCIA	5
2.2.1 <i>Técnicas de conteo y métodos de estimación de abundancia</i>	5
2.2.2 <i>Abundancia de <i>Zalophus californianus</i></i>	6
2.3 CICLO ANUAL.....	8
2.3.1 <i>Reproducción y lactancia</i>	8
2.3.2 <i>Descanso y alimentación</i>	10
2.4 MIGRACIÓN Y MOVIMIENTOS	10
2.5 HÁBITAT	11
2.6 EFECTO DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA POBLACIÓN DEL LOBO MARINO DE CALIFORNIA Y EVENTOS DE EL NIÑO.	13
2.6.1 <i>El Niño, Oscilación del sur</i>	13
2.6.2 <i>Efecto de la temperatura en el lobo marino de California</i>	14
3. HIPÓTESIS	17
4. OBJETIVO	17
4.1 GENERAL.....	17
4.2 PARTICULARES	17
5. ÁREA DE ESTUDIO	18
5.1 ZONA INSULAR	18
5.2 ASPECTOS OCEÁNICOS.....	20
6. METODOLOGÍA	22
6.1 TRABAJO DE CAMPO	22
6.1.1 <i>Identificación y categorización del lobo marino de California</i>	22
6.1.2 <i>Conteos directos</i>	24
6.1.3 <i>Conteos indirectos</i>	26
6.2 ANÁLISIS DE DATOS	27
6.2.1 <i>Base de datos</i>	27
6.2.2 <i>Conteos directos</i>	27
6.2.3 <i>Conteos indirectos</i>	30
6.3 ABUNDANCIA	31
6.3.1 <i>Estimación de abundancia absoluta</i>	31
6.4 DISTRIBUCIÓN	35
6.4.1 <i>Distribución y sitios de crianza de <i>Zalophus californianus</i></i>	35
7. RESULTADOS	40
7.1 CONTEOS DIRECTOS.....	40
7.2 CONTEOS INDIRECTOS.....	46
7.3 ABUNDANCIA ABSOLUTA	48
7.4 DISTRIBUCIÓN Y SITIOS DE CRIANZA DE <i>ZALOPHUS CALIFORNIANUS</i>	52

8. DISCUSIÓN	69
8.1 TRABAJO EN EL CAMPO.....	69
8.2 MÉTODOS DE CONTEO.....	70
8.3 ABUNDANCIA	73
8.4 DISTRIBUCIÓN Y SITIOS DE CRIANZA.....	81
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
10. LITERATURA CITADA.....	86
ANEXOS.....	94
ANEXO I.....	95
ANEXO II.....	96
ANEXO III.....	97
ANEXO IV	104
ANEXO V	105

Figura 1. Islas de la costa occidental de la Península de Baja California donde se contabilizaron las poblaciones de lobo marino de California para este estudio. De norte a sur: islas Coronados, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, Guadalupe, San Benitos, Cedros, Natividad, San Roque y Asunción.

Figura 2. Histograma de frecuencias con datos de los conteos de crías en fotografías, durante el verano de 2009, para la unificación de la simbología comparable entre islas.

Figura 3. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla Coronados basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Figura 4. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en las rocas de Punta Banda al sur de la Isla Todos Santos basado en los conteos indirectos (verano de 2009). Nótese que en las Islas Todos Santos no se encontraron crías.

Figura 5. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla San Martín basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Figura 6. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla San Jerónimo basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Figura 7. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en las Islas San Benito basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Figura 8. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla Guadalupe (al sur en el islote el Toro) basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Figura 9. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla Natividad basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Figura 10. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla Asunción basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Figura 11. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla de Cedros basado en los conteos indirectos (verano de 2009). En el suroeste de la isla se encuentra el Islote El Caimán. En la Figura 12 se presenta el detalle en Punta Norte.

Figura 12. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla de Cedros más detalladamente en la Punta Norte, basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

Tabla 1. Características morfológicas de las diferentes categorías de sexo y edad del lobo marino de California.

Tabla 2. Factor de supervivencia por categoría de sexo y edad propuesto por Hernández-Camacho (2001) para el lobo marino de California en el Golfo de California.

Tabla 3. Factores y sus categorías considerados para definir los sitios de crianza preferidos por el lobo marino de California. Modificado de Arias-Del Razo (2011).

Tabla 4. Resultados del análisis de repetitividad realizado en el programa SPSS 17.0 para las diferentes combinaciones entre contadores. Todos los valores de r calculados resultaron mayores a 0.95. Las abreviaciones indican los contadores y sus combinaciones usadas durante el trabajo de campo. C1: contador 1, C2: contador 2 y C3: contador 3.

Tabla 5. Conteos totales directos e indirectos del lobo marino de California durante el verano de 2009 en las 10 islas del área de estudio.

Tabla 6.- Conteos totales directos del lobo marino de California durante el verano de 2009 y 2010 en las islas del área de estudio.

Tabla 7. Conteos indirectos totales por categoría de sexo y edad durante el verano de 2009 para las islas del área de estudio.

Tabla 8. Distribución de edad estable (C_x) estimada para la población de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) con base en el factor de supervivencia por categoría de sexo y edad propuesto por Hernández-Camacho (2001) para el lobo marino de California en el Golfo de California y una tasa de crecimiento anual estimada de 0.4% y 0.6%. La clase de edad 0 pertenece a los recién nacidos.

Tabla 9. Conteos totales directos por categoría de sexo y edad del lobo marino de California durante el verano de 2010 en las 10 islas del área de estudio. También se muestran los totales por isla y por categoría corregidos.

Tabla 10. Sitios de crianza (SC) y su caracterización. También se describe el número de crías por SC y la Abundancia relativa (Ar). En negritas se remarcán los valores más altos de Ar.

1. INTRODUCCIÓN

El lobo marino de California, *Zalophus californianus* (Lesson 1828), pertenece al Orden Carnívora, Suborden Pinnipedia y Familia Otariidae (Berta y Sumich, 1999). Es el pinnípedo de distribución más amplia y de mayor abundancia en México, ya que se distribuye desde las Islas Vancouver en Canadá, hasta las Islas Marías en México, incluyendo el Golfo de California (Peterson y Bartholomew, 1967; Le Boeuf et al., 1983; Maravilla-Chávez, 2006). Actualmente, su población global se estima en 350 mil individuos (Carretta et al., 2005), de los cuales, entre 24 mil y 30 mil se encuentra en el Golfo de California (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994; Szteren et al., 2006) y 63 mil en la costa oeste de la Península de Baja California (Maravilla-Chávez, 2006), de aquí en adelante referida como Pacífico Mexicano.

Es una especie poligínica y en zonas reproductivas la proporción entre machos y hembras es de aproximadamente 1:10 (Jouventin y Cornet, 1980) respectivamente. Las áreas reproductivas comprenden el sur de California, Estados Unidos de América (E.U.A.), el Pacífico Mexicano y el Golfo de California, México (Le Boeuf et al., 1983). El periodo reproductivo comienza en mayo y termina a mediados de agosto cuando la etapa de apareamientos ha finalizado (Brownell et al., 1974; Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991).

Se sabe que los lobos marinos de California son capaces de desplazarse grandes distancias (Lowry, 1986) y aun cuando la presencia y ausencia del lobo marino de California en diferentes localidades sugiere un movimiento regular de los mismos, sobre todo de los machos adultos y subadultos (Aurioles *et al.*, 1983; Wright *et al.*, 2010) no se conoce un patrón de migración definido. Se sabe que sus movimientos se relacionan con la temporada reproductiva, la distribución y movimientos de las especies de peces presa (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1983; Wright *et al.*, 2010) y con aumentos en la temperatura superficial del mar (Allen *et al.*, 1999). Durante la temporada reproductiva, comúnmente habita playas arenosas y zonas rocosas cercanas a pozas de marea y protegidas de la insolación (González-Suárez y Gerber 2008; Lowry, 1986; Lowry y Forney, 2005). Fuera de la temporada reproductiva, utiliza zonas rocosas para descansar (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994) y sustratos con línea de costa convexa que les facilite el acceso al agua para alimentarse y termorregular (González-Suárez y Gerber, 2008).

El lobo marino de California es una especie sensible a los cambios en la temperatura del mar y por lo tanto, a eventos oceanográficos como El Niño (Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991). Está documentado que El Niño es capaz de provocar efectos negativos en diferentes especies de pinnípedos (Trillmich y Ono, 1991). Algunos de ellos son: reducción en la tasa de producción de crías (Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991) y disminución en el crecimiento de las mismas (DeLong *et al.*, 1991), aumento en la mortalidad de adultos (Aurioles-

Gamboa y Le Boeuf, 1991; Arias–Schreiber y Halliday, 1991), aumento en la duración de los viajes de alimentación de las hembras (Francis y Heath, 1991; Crocker *et al.*, 1999) y bajos niveles de fertilidad en las mismas (Arias-Schreiber y Halliday, 1991).

Los eventos de El Niño ocurren en el área de distribución del lobo marino de California y en diversos ecosistemas vulnerables (Corriente de California, islas) y prioritarios (Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe, RB Islas del Pacífico de Baja California, RB El Vizcaíno y Área de Protección de Flora y Fauna APFF Valle de los Cirios), por lo tanto se encuentran incluidas en el área de estudio del presente trabajo.

Debido a que el lobo marino de California es la especie de pinnípedo más abundante en México y en la cual se ha demostrado el efecto negativo del aumento de la temperatura del mar sobre su abundancia o distribución, el monitoreo de esta especie puede ser de utilidad como indicador de cambios en el ecosistema. Además es importante conocer la dinámica poblacional ya que se ha demostrado que la población del lobo marino de California dentro del Golfo de California presenta una reducción de los individuos en los últimos 10 años (El Partido, presentó una reducción poblacional de 50%, Los Machos 61% y Granito 49%), mientras que las poblaciones de E.U.A se han visto incrementadas (Carretta *et al.*, 2005). Sin embargo, no existen datos recientes sobre la tendencia poblacional del lobo marino de California, en la costa

occidental de Baja California donde se desarrolló este estudio. Por lo tanto, se propone determinar la abundancia en esta región y conocer el hábitat preferido para la crianza que permita saber si puede ser una limitante para el crecimiento poblacional.

2. ANTECEDENTES

2.1 Distribución

De las cuatro especies de pinnípedos que habitan en aguas mexicanas, el lobo marino de California es el que presenta la distribución más amplia (LeBoeuf *et al.*, 1983). Se encuentra desde las islas Vancouver en Canadá, hasta las Islas Marías en México, incluyendo el Golfo de California (Peterson y Bartholomew, 1967; Heath, 2002; Reeves *et al.*, 2002). Existen registros aislados al sur de Alaska en Prince William Sound y hasta las costas de Chiapas en México (LeBoeuf *et al.*, 1983; Gallo-Reynoso y Solórzano-Velasco, 1991). Durante la temporada reproductiva acota su distribución a las islas del Canal, al sur de California, islas del Pacífico Mexicano y del Golfo de California (Peterson y Bartholomew, 1967; LeBoeuf *et al.*, 1983).

En Estados Unidos la zona reproductiva del lobo marino de California comprende cuatro islas: Santa Bárbara, San Clemente, San Nicolás, y San Miguel (Peterson y Bartholomew, 1967; Lowry y Forney, 2005), aunque se han reportado algunas crías en varios sitios de descanso cercanos a estas islas

(Lowry y Forney, 2005). En México las islas reproductivas se ubican al oeste de Baja California en las islas Coronado, Isla San Jerónimo, Cedros, Islas San Benito, Natividad, Asunción e Isla Margarita (Lowry y Maravilla-Chávez, 2005). Además, se distribuye también en la Islas Todos Santos, San Martín e Isla Guadalupe (Maravilla-Chávez y Lowry, 1996). Dentro del Golfo de California hay doce loberas reproductivas que se sitúan de norte a sur en las Rocas Consag, San Jorge, Isla Lobos, Isla Granito, Ángel de la Guarda, El Partido, el Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir, San Pedro Nolasco, Farallón de San Ignacio y Los Islotes (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994).

2.2 Abundancia

2.2.1 Técnicas de conteo y métodos de estimación de abundancia

La mayoría de las técnicas para estimar abundancia en pinnípedos se basan en los conteos directos (realizados desde embarcaciones) y por fotografía. Para los conteos por fotografía se han utilizado fotografías aéreas tomadas a altitudes bajas, aproximadamente entre 180m y 210m, que permite localizar a los lobos marinos en la costa y en los sustratos rocosos (Lowry y Forney, 2005). Los conteos se llevan a cabo a partir de las fotografías con el apoyo de microscopios binoculares de 7-30X hasta 70X, marcando o separando las categorías de sexo y edad con tintas de diferentes colores (Maravilla-Chávez y Lowry, 1996; Lowry y Forney, 2005). Por otro lado, los conteos directos se efectúan desde una embarcación con motor fuera de borda. Se circunnavega la isla por un equipo de personas capacitadas que contabilizan a los organismos

con el apoyo de contadores manuales, así como de binoculares desde 10 x 42 hasta 10 x 50 (Morales-Vela y Aguayo-Lobo, 1992; Maravilla-Chávez y Lowry, 1996; Gutierrez-García, 2009). En algunas ocasiones y cuando la topografía de la isla lo permite, se pueden realizar conteos desde tierra (Le Boeuf *et al.*, 1983).

Para la estimación de abundancia es necesario el uso de factores de corrección que permitan minimizar el número de organismos no contabilizados por falta de visibilidad (Bonell y Ford, 1987; Auriolos-Gamboa y Zavala-González, 1994; Lowry y Forney, 2005). En conteos realizados desde una embarcación se subestima en un 50% el número de crías (Bonell y Ford, 1987; Le Boeuf *et al.*, 1983; Auriolos-Gamboa y Zavala-González, 1994). Es posible aplicar también, un factor de corrección que involucra la mortalidad de las crías en un 15% durante un año normal (Auriolos-Gamboa y Sinsel, 1988; Lowry y Maravilla, 2005). Para corregir el número de hembras se aplican dos factores de corrección, el 23% y 54%; el primero se aplica para las primeras semanas de la época de crías y el segundo para las últimas semanas. Esto debido a que durante la crianza, las hembras realizan viajes de alimentación al mar y no siempre están visibles durante los conteos (Bonell y Ford, 1987).

2.2.2 Abundancia de *Zalophus californianus*

Brownell *et al.* (1974) censaron las islas del sur de la Península de Baja California (islas San Benito, Cedros y Natividad), así como la Isla Guadalupe (el

Zapato) y registraron un total de 15,467 individuos. Le Boeuf *et al.* (1983), censaron durante el verano de 1979 y 1981 el Golfo de California e islas del Pacífico Mexicano. Para el año de 1979 reportaron un total de 15,140 organismos en el Golfo de California y 23,098 en las costas del Pacífico Mexicano. Para 1981 reportaron un total de 14,389 individuos en el Golfo de California y 14,994 en las islas del Pacífico Mexicano (LeBoeuf *et al.*, 1983). En 1990 ya se contaban 17,162 individuos en el Golfo y 9,790 durante 1992 en el Pacífico (Maravilla-Chávez *et al.*, 2006; Maravilla-Chávez y Lowry, 1996), los autores adjudican esta disminución de animales en el Pacífico al evento de El Niño que se presentó durante ese año.

Durante 1998, en E.U.A. y para varias temporadas de muestreo, Lowry y Forney (2005) estimaron la abundancia del lobo marino de California en el mar y en la costa del centro y norte de California con base en fotografías aéreas. La suma de las dos estimaciones arrojó una abundancia total de 64,916 en mayo a junio, 75,673 en septiembre y 56,775 en diciembre.

En el 2000, Lowry y Maravilla-Chávez (2005) estimaron la población de E.U.A. entre 238,000 a 241,000 individuos. Para el 2001, durante la temporada reproductiva se han reportado hasta 237,000 individuos (Carretta *et al.*, 2005) con la mayor cantidad distribuida principalmente al sur de California. En las poblaciones mexicanas se ha estimado la abundancia total en alrededor de 75,000 y 87,000 individuos, dividido en 63,000 en la costa del Pacífico

(Maravilla-Chávez, 2005) y entre 24,000 y 31,000 individuos en el Golfo de California (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994; Szteren *et al.*, 2006).

2.3 Ciclo anual

2.3.1 Reproducción y lactancia

El sistema de apareamiento del lobo marino de California se considera poligínico moderado, es decir, un macho puede copular con hasta 10 hembras (Jouventin y Cornet, 1980). En general, en el Golfo de California la relación entre el número de machos adultos:hembras adultas, es de entre 1:5.84 y 1:8.92 (Le Boeuf *et al.*, 1983). Específicamente, en Los Islotes y Los Cantiles esta relación se observa de 1:8.42 y 1:7.80, respectivamente (García-Águilar y Aurioles-Gamboa, 2003). Algunos autores mencionan que la temporada reproductiva de este otárido comienza con la llegada de los machos adultos a las zonas o islas reproductivas durante la segunda semana de mayo (Brownell *et al.*, 1974; Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991).

Los machos establecen un territorio para la llegada de las hembras que ocurre poco tiempo después del arribo de éstos (Heath, 2002). La mayoría de los machos adultos cuidan o ´patrullan´ desde el agua su territorio frente a las hembras que ya encontraron un sitio (Le Boeuf *et al.*, 1983). Las hembras paren e inmediatamente entran en estro para dar paso a las cópulas. La mayoría de los nacimientos en Estados Unidos y el Pacífico Mexicano ocurren a lo largo de mayo y junio (Heath, 2002). En el Golfo de California comienzan en la cuarta

semana de mayo y finalizan la segunda o tercer semana de julio (García-Aguilar y Auriolles-Gamboa, 2003). Los máximos de crías se registran para el Golfo de California durante la primer semana de junio (Morales-Vela y Aguayo-Lobo, 1992; García-Aguilar y Auriolles-Gamboa, 2003) y un segundo máximo más intenso durante la tercer semana de junio (García-Aguilar y Auriolles-Gamboa, 2003).

Las hembras pasan la primer semana postparto amamantando a su cría, posteriormente comienzan a alternar el amamantamiento con los viajes de alimentación (Francis y Heath, 1991). Está registrado que en la Isla San Miguel en California, las hembras de *Z. californianus* durante el periodo de lactancia, hacen viajes de alimentación al mar con duración de 3 a 4 días alejándose un máximo de 42.5 Km, principalmente al noreste y noroeste de la isla, y la lactancia en tierra puede durar de 1 a 2 días (Melin y DeLong, 1999). El periodo de reproducción termina a mediados de agosto, cuando la etapa de apareamientos ha concluido (Morales-Vela y Aguayo-Lobo, 1992). La temporada reproductiva de *Z. californianus* en Los Cantiles y Los Islotes en el Golfo de California, comienza la primer semana de junio y finaliza la segunda semana de agosto con un máximo (44% de las cópulas) entre el primero y quince de julio (García-Aguilar y Auriolles-Gamboa, 2003) observándose en total una duración de alrededor de 10 semanas (Odell, 1975; García-Aguilar y Auriolles-Gamboa, 2003).

2.3.2 Descanso y alimentación

Está registrado que después de la temporada reproductiva, en los meses de agosto a abril, el lobo marino de California se encuentra en periodo de descanso y alimentación (Antonelis y Clifford, 1980; Melin y DeLong, 1999). Se ha observado que recorren distancias desde 20Km (García-Rodríguez y Aurióles-Gamboa, 2004), 69 Km (Lowry y Forney, 2005) y 85 a 101.2 hasta 440 Km de la costa en busca de especies presa (Melin y DeLong, 1999; Melin *et al.*, 2000). Esta especie realiza sus actividades de descanso durante los meses de febrero a abril y hay registros de que puede alejarse de la costa insular una distancia de 116 a 126 Km (Antonelis y Clifford, 1980).

2.4 Migración y movimientos

Después de la temporada de reproducción los machos adultos y subadultos del lobo marino de California que habitan las colonias del Pacífico Mexicano y el sur de California (E.U.A) migran hacia el norte, rumbo a California, Oregon, Washington y la Columbia Británica (Fry, 1939; Bartholomew y Boolootian, 1960; Hancock, 1970; Bigg, 1973; Bonnell y Ford, 1987), y regresan al sur antes del siguiente periodo reproductivo (Lowry, 1986; Lowry y Forney, 2005). Sin embargo, no se conoce el destino principal de los machos de cada colonia, aunque se sugiere que su migración hacia el norte no es mayor de los 500 a 1000 Km, desde su colonia reproductiva (Del Toro *et al.*, 2006). Además, estos movimientos se relacionan con la abundancia de algunas presas como la

merluza del Pacífico (*Merluccius productus*) que puede presentar variaciones entre años (Ainley *et al.*, 1982).

Por otro lado, en la parte más sureña del Golfo de California se han reportado fluctuaciones estacionales en la población del lobo marino en diferentes loberas. Aurióles-Gamboa *et al.* (1983) encontró una tendencia en la población de lobos en esa zona que consiste en la disminución de hembras y machos durante el verano y continúa hasta el invierno. Sin embargo, en la parte norte del Golfo de California no se presenta una variación en la población y por lo tanto no explica las variaciones en las poblaciones sureñas. Esta variación en las poblaciones de lobo marino en el sur del Golfo de California puede ser debida a la interacción de éstas con poblaciones del sur y norte de las costas del Pacífico Mexicano durante la temporada reproductiva (Aurióles-Gamboa *et al.*, 1983).

2.5 Hábitat

Aunque el lobo marino de California tiene una amplia distribución en la costa del Pacífico de Norteamérica, el área que utiliza durante su reproducción es relativamente pequeña. Por ejemplo, en el Golfo de California en la temporada reproductiva la mayor cantidad de individuos se concentran en San Esteban, San Jorge e Isla Lobos y en menor cantidad en Farallón de San Ignacio, El Partido y El Rasito (Szteren *et al.*, 2006). Se sabe que los sitios ocupados por el lobo marino de California en el Pacífico Mexicano son similares a aquellos que

habita en las costas de California (E.U.A.) (Arias-Del Razo *et al.*, 2011). Recientemente, se realizó un estudio sobre la preferencia de hábitat del lobo marino de California en las islas del Pacífico Mexicano por Arias-Del Razo *et al.* (2011). El autor encontró que la distribución del lobo marino de California durante el verano no presentó una preferencia de hábitat específica, de acuerdo a su caracterización de hábitats y a las categorías de edad y sexo usadas en su estudio (machos adultos, machos sub-adultos, hembras y jóvenes, excluyendo a las crías). Sin embargo, el conocimiento actual de las características o atributos del hábitat o sitios preferidos para la crianza del lobo marino es limitado en el Pacífico Mexicano.

En el Golfo de California el lobo marino se reproduce en playas rocosas que le proveen refugio y sombra para las crías durante el verano, cuando la temperatura ambiental llega a superar los 40°C (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994). Las playas de arena y canto rodado son también utilizadas por el lobo marino de California para llevar a cabo los nacimientos y cópulas, sin embargo, cuando existen zonas rocosas aledañas prefieren ocupar estos sitios (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994).

También se ha observado que los sitios más concurridos en el Golfo de California son aquellos con rocas de gran tamaño que proporcionan sombra, sustratos de color claro que retienen menor cantidad de calor que los sustratos oscuros y líneas de costa convexa (o curva) que les facilita el acceso al agua

para alimentarse y termorregular (González-Suárez y Gerber, 2008). Todas estas características son comúnmente relacionadas con la prevención del estrés térmico en el lobo marino (González-Suárez y Gerber, 2008).

Las loberas que habita este pinnípedo se encuentran en zonas altamente productivas como las del Pacífico que se encuentran influenciadas por eventos continuos de surgencias e influenciadas por la Corriente de California que durante el invierno muestra valores más altos de productividad primaria (León-Barocio *et al.*, 2007; Heath, 2002).

2.6 Efecto del aumento de la temperatura sobre la población del lobo marino de California y eventos de El Niño.

2.6.1 El Niño, Oscilación del sur

Un evento importante que sucede a escala mundial es el evento de El Niño o ENSO (El Niño Oscilación del Sur); afecta de manera importante la costa occidental de la Península de Baja California y coincide con la distribución del lobo marino de California. Durante los eventos de El Niño hay un desplazamiento de la fuente de calor atmosférico hacia el este, lo que ocasiona un descenso en la presión del Pacífico ecuatorial, en su porción oriental, y un ascenso, en su parte occidental, asociados a una alteración general de los patrones de precipitación en la zona ecuatorial que se repite con una periodicidad entre 2 y 7 años (Bernal *et al.*, 2001). Esto permite un calentamiento anómalo de las aguas comúnmente frías de esta región y genera

un hundimiento en la termoclina del Pacífico Ecuatorial Oriental de hasta 90 m (Philander, 1990).

La presencia de eventos El Niño origina una disminución en la producción media anual de aproximadamente el 20% (Hernández de la Torre *et al.*, 2004) lo que genera una disminución en la biomasa de peces pelágicos menores en las regiones costeras (Hernández-de-la-Torre *et al.*, 2004). El calentamiento anómalo del océano causado por el cambio climático global produce cambios en la productividad oceánica y cambios en el nivel del mar además de incrementar la periodicidad de eventos El Niño (Hernández-de-la-Torre *et al.*, 2004).

2.6.2 Efecto de la temperatura en el lobo marino de California

Los pinnípedos han desarrollado muchas adaptaciones en respuesta a algunas presiones de reproducción en tierra y alimentación en el mar. Algunas condiciones ambientales pueden incrementar el costo-beneficio energético del individuo y éste lo puede compensar con el comportamiento. Por ejemplo, el incremento en la temperatura del aire en las loberas o el decremento en la disponibilidad de presas durante eventos El Niño, juegan un papel importante en el comportamiento reproductivo y de alimentación del lobo marino, forzándolo a desplazarse mayores distancias en busca de presas (Heath, 2002).

Otro ejemplo es el de las poblaciones de lobo marino de California en el Pacífico Mexicano (complejo de Santa Margarita), éstas se vieron afectadas durante un fuerte evento de El Niño que se presentó en el invierno de 1982-83 y que tuvo repercusiones hasta el siguiente invierno (1983-84) (Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991).

Debido a la presencia de ese fuerte evento, para el invierno de 1983 se observó una reducción del 45% de los machos presentes en ese complejo insular (Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991) y continuó reduciéndose hasta un 39% hasta el siguiente invierno. La tasa de producción de crías se redujo hasta un 50% (Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991), así como el número de hembras parturientas. Mientras que en el Golfo de California no se tuvieron efectos similares (Aurioles y Le Boeuf, 1991).

Por otro lado, durante ese mismo evento de El Niño, Francis y Heath (1991) hicieron una comparación entre el número de animales presentes desde 1981 hasta 1984 en la isla San Nicolás, que se ubica aproximadamente 100 Km al norte de San Diego, California. Observaron un incremento del 16% en las hembras de lobo marino de California durante el verano de 1981-82, un decremento del 40% posterior al evento El Niño en el verano de 1983 y una recuperación parcial del 74% para el verano de 1984 con respecto al número inicial que se tenía en el verano de 1981-82. En cuanto a la producción de crías se observó que durante el año El Niño (1983) ésta se redujo un 37% más que

en 1982 y la mortalidad se incrementó un 17% en el verano de 1983 y un 18% durante el verano de 1984. Estas autoras también reportan un decremento en la tasa de cópula del 46% desde 1982 hasta 1983 y este decremento continuó en un 34% en 1984 con respecto a lo reportado en 1982. El decremento en la tasa de cópula se reflejó en el número de crías para 1984, donde la reducción fue de hasta un 50% de crías.

Además de las consecuencias antes mencionadas, el arribo de aguas cálidas producido por el evento de El Niño en el Pacífico Mexicano, genera un aumento en la abundancia de lobo marino en aguas norteñas de California. Este incremento en la abundancia coincide con el movimiento de varias especies presa hacia el norte y se presume que algunos lobos marinos que normalmente se alimentaban en aguas del sur de California, E.U.A., siguieron este desplazamiento y se concentraron en la parte central de California en 1983 (Huber, 1991).

3. HIPÓTESIS

La población del lobo marino de California en la costa occidental de la Península de Baja California se ha reducido en los últimos años con respecto a la última estimación. El lobo marino de California no presenta sitios preferidos para la crianza.

4. OBJETIVO

4.1 General

Estimar la abundancia poblacional del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, en las islas de la costa occidental de la Península de Baja California, así como su preferencia de hábitat para la crianza.

4.2 Particulares

- 1) Estimar la abundancia absoluta de *Zalophus californianus* en las islas del Pacífico Mexicano a partir de conteos durante el verano de 2010 con base en dos metodologías: factores de corrección y distribución de edad estable.
- 2) Comparar dos métodos de conteo: método directo desde lancha e indirecto a partir de imágenes digitales.
- 3) Determinar la distribución espacial de las crías del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, en las islas del Pacífico Mexicano para identificar los sitios reproductivos.

- 4) Caracterizar zonas importantes para la crianza del lobo marino de California en las islas del Pacífico Mexicano.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Zona insular

El área de estudio comprende a todas las islas en el litoral occidental de la Península de Baja California (Fig. 1), excepto el complejo insular Santa Margarita. De norte a sur se encuentran las Islas Coronado, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, Cedros, San Benito, Natividad, San Roque y Asunción (Fig. 1). Éstas se localizan desde los $32^{\circ}26'48''\text{N}$ - $117^{\circ}19'23''\text{W}$ hasta los $27^{\circ}07'18''\text{N}$ - $114^{\circ}18'29''\text{W}$ e incluye a la Isla Guadalupe que se ubica en los $29^{\circ}00'27''\text{N}$ - $118^{\circ}16'22''\text{O}$.

La Isla de Guadalupe actualmente cuenta con protección oficial como área natural protegida, fue decretada como 'Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe' el 25 de abril de 2005 (SEMARNAT, 2005). Las islas Natividad, Asunción y San Roque son islas que pertenecen a la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno y las demás islas del área de estudio están propuestas para formar parte de la 'Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de Baja California' por la SEMARNAT (2005b).

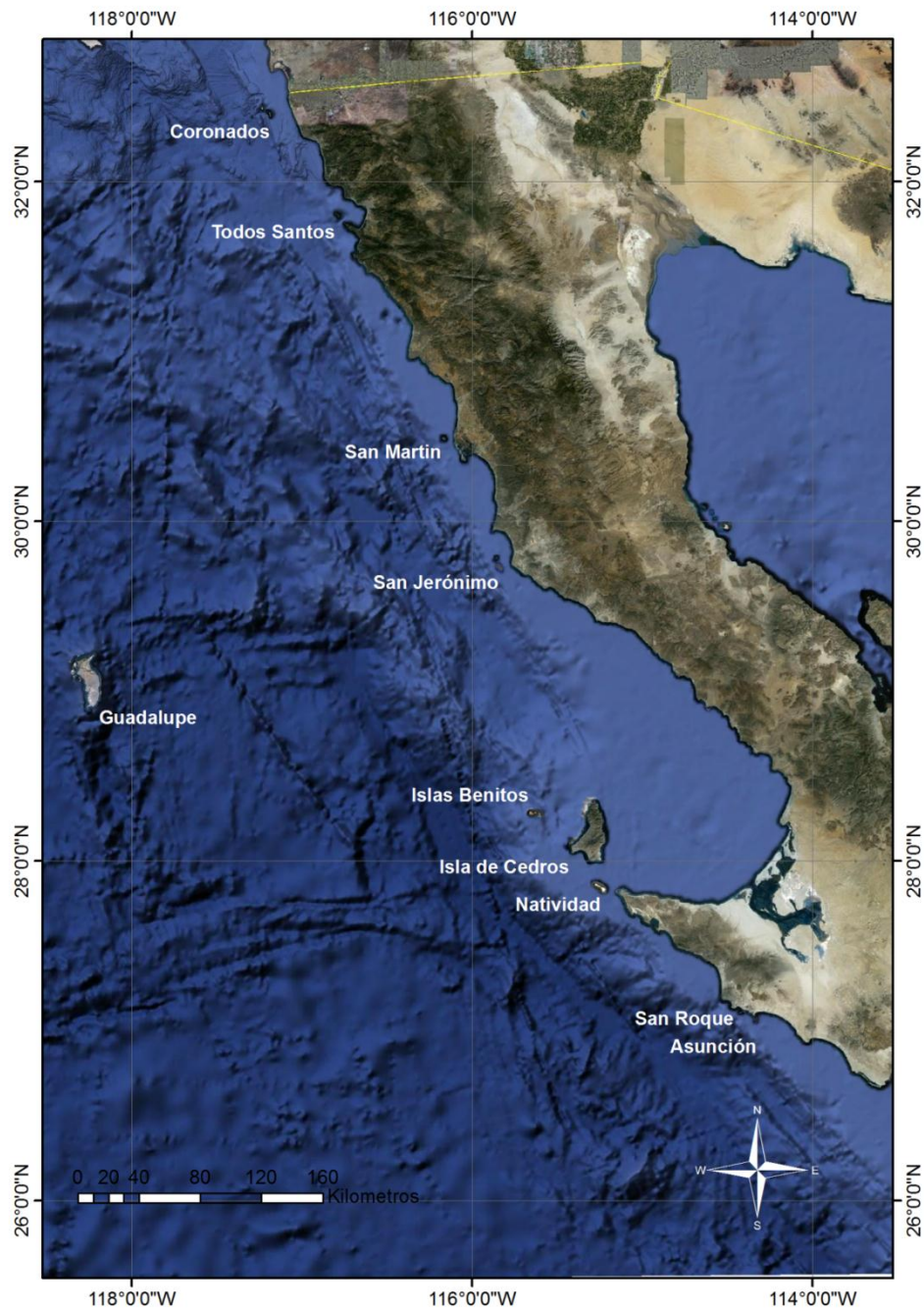


Figura 1. Islas de la costa occidental de la Península de Baja California donde se contabilizaron las poblaciones de lobo marino de California para este estudio. De norte a sur: islas Coronados, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, Guadalupe, San Benito, Cedros, Natividad, San Roque y Asunción.

5.2 Aspectos oceánicos

Toda el área de estudio es una región que presenta surgencias continuas, las cuales incrementan su productividad primaria (Heath, 2002), sin embargo, se ha observado que son mucho más productivas aquellas subregiones costeras que las de mar adentro (León-Barocio *et al.*, 2007). Las surgencias están muy relacionadas a los vientos predominantes, que son la principal fuerza que los genera, los cuales tienen una dirección del noroeste (Castro y Martínez, 2009). Las surgencias más intensas ocurren regularmente durante los primeros meses del año (invierno-primavera) en la porción sur, y a fines de primavera y verano en el norte de la Península (León-Barocio, 2006).

Las aguas del Pacífico están dominadas por las aguas frías del Sistema de la Corriente de California (SCC). Este sistema está constituido por una corriente superficial con dirección al Ecuador llamada Corriente de California (CC), por la Contracorriente sub-superficial de California (CU) que tiene un flujo sub superficial con dirección hacia el polo y por la Contracorriente de California (CCC) (Durazo *et al.*, 2005). La CC es una corriente superficial (de 0 a 300 m de profundidad) que acarrea agua hacia el Ecuador todo el año a lo largo de la costa occidental de Norte América, hacia la Corriente Nor-Ecuatorial, excepto en la costa (Durazo *et al.*, 2005).

En la región del SCC se presentan surgencias costeras en una franja de unos 50 Km, que acarrear agua relativamente fría, salada, rica en nutrientes y deficiente de oxígeno hacia la superficie (Lynn y Simpson, 1987). Frente a la costa de Baja California, el núcleo de la corriente de California pasa a unos 200 Km mientras que frente a California Central y Sur pasa a unos 300-400 Km (Durazo *et al.*, 2005). La porción de la CC frente a Baja California es una región donde se han observado estructuras dinámicas complejas, como meandros y remolinos recurrentes a niveles de meso escala, que tienen una influencia importante sobre procesos biológicos en la región (Aguirre *et al.*, 2004). Se ha observado que las regiones más dinámicas son las más productivas.

6. METODOLOGÍA

6.1 Trabajo de campo

6.1.1 Identificación y categorización del lobo marino de California

La categorización por sexo y edad se realizó distinguiendo entre machos adultos, machos sub-adultos, hembras, juveniles y crías. En los casos en que no fue posible identificar la categoría de los organismos, éstos se registraron como misceláneos. Las características morfológicas que permitieron esta categorización según diferentes autores (Reeves *et al.*, 2002; Heath, 2002) se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características morfológicas de las diferentes categorías de sexo y edad del lobo marino de California.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
<i>Machos adultos</i>	Presentan una coloración marrón claro a oscuro en el pelaje, cuello y cuerpo robusto, longitud de hasta 2.4 m y presencia de cresta sagital (protuberancia en la parte media superior del cráneo) prominente y muy desarrollada (puede medir casi 4 cm de alto) que presenta una coloración clara en el pelaje que la cubre.
<i>Machos sub-adultos</i>	Son muy parecidos a los machos adultos pero la cresta sagital no es tan evidente, ni su tamaño y robustez, sobre todo en la zona del cuello que es ligeramente más pequeña que la de los machos adultos.
<i>Hembras</i>	Su coloración es marrón a marrón claro-amarillento o gris-plateado cuando se encuentran mojadas, su cuerpo es robusto pero su cuello es alargado y notablemente más delgado que el de los machos, miden aproximadamente 1.8 m de longitud y el hocico es más estrecho que el de los machos.
<i>Juveniles</i>	Los organismos jóvenes pueden ser hembras o machos porque aún no presentan características del dimorfismo sexual evidentes, tienen una longitud menor a la de las hembras y coloración marrón claro u oscuro.
<i>Crías</i>	Al nacer son de color marrón oscuro, casi negro, miden hasta 0.8 metros y pesan entre 4.5 y 6 Kg.
<i>Misceláneos</i>	Los organismos misceláneos son aquellos que no se lograron identificar debido a que se encontraban en el agua o su ubicación no permitía observar todas las características del individuo.

6.1.2 Conteos directos

Los muestreos se realizaron en cuatro estaciones del año. Se consideró como primavera los días del 21 de marzo al 21 de junio, verano del 22 de junio al 23 de septiembre, otoño del 24 septiembre al 21 de diciembre e invierno del 22 diciembre al 20 de marzo. Aunque la temporada más importante en tierra para el lobo marino de California es el verano, los muestreos también se realizaron durante las demás temporadas debido a que este trabajo de tesis está incluido en un proyecto más extenso sobre las cuatro especies de pinnípedos en México. Éste incluye a la foca de puerto (*Phoca vitulina richardsi*), al elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) y al lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*), los cuales se encuentran en la región y tienen actividades importantes de su ciclo anual durante el resto de las estaciones.

Los datos incluyen muestreos de un año completo que comprende desde el verano de 2009 hasta el verano de 2010. En este trabajo sólo se utilizarán aquellos datos obtenidos durante la temporada reproductiva (verano) del lobo marino de California en ambos años de acuerdo a lo reportado por otros autores (Brownell *et al.*, 1974; Aurióles-Gamboa y Le Boeuf, 1991; Morales-Vela y Aguayo-Lobo, 1992).

La logística para llegar a cada una de las islas fue diferente, pero los conteos directos siempre se realizaron desde embarcaciones menores con

motor fuera de borda (pangas), con el apoyo de los pescadores locales. Para visitar las islas San Martín, San Jerónimo, Benito, Cedros, Natividad, San Roque y Asunción, el traslado fue por tierra a los poblados aledaños a las islas, en una camioneta propiedad del CICESE y proporcionada por la Dra. Gisela Heckel. La visita a la Isla Todos Santos se realizó siempre con la panga de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California.

El conteo en las Islas Coronados fue el único que se realizó desde una patrulla, la Interceptora de la Secretaría de Marina (Armada de México), en la cual también se realizó el traslado desde Ensenada. La Interceptora también se usó para el traslado entre Guerrero Negro, la Isla de Cedros e Islas San Benito. Para llegar a Isla Guadalupe siempre se aprovechó el apoyo de la comunicación mensual que realiza la Armada de México por medio de un buque.

Los conteos fueron realizados por un equipo de 5 a 6 personas experimentadas en conteos de pinnípedos. Se hicieron con la ayuda de binoculares (7 X 50 y 10 X 50) mientras se circunnavegaba cada isla desde una distancia a la costa de 5 a 20 m, sin embargo, debido al oleaje en algunos casos la distancia superó los 50m. Cuando la morfología de la isla y la ausencia de mantos de macroalgas lo permitían, los conteos se realizaron a una distancia aproximada de 3 a 7 metros. La velocidad de la panga durante los conteos directos fue de entre 2 y 3 nudos, deteniéndonos cuando las colonias eran

demasiado grandes. Los conteos incluyeron las cuatro especies de pinnípedos localizados en las islas, aunque en este trabajo de tesis únicamente se reportan los datos obtenidos para el lobo marino de California.

Dos personas del equipo (observadores) contabilizaban y categorizaban a los lobos marinos dictando sus resultados a otras dos personas (anotadores), con el fin de no interrumpir el conteo y minimizar errores de observación. Así mismo, se tomó registro del tipo de sustrato en el que se encontraban las colonias de lobo marino de California (arena, plataforma, canto rodado y acantilado), al igual que sus combinaciones en caso de existir, temperatura superficial del mar, temperatura ambiente, porcentaje de nubosidad, velocidad del viento utilizando la escala de Beaufort, coordenadas geográficas de los sitios con animales por medio de un GARMIN GPS Map 76C5X, nivel de marea reportado por el Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) en sus calendarios de marea, inicio y fin de navegación y de esfuerzo.

6.1.3 Conteos indirectos

Se consideran conteos indirectos los que se obtuvieron a partir de imágenes. Simultáneamente a los conteos directos, se realizó un registro de imágenes desde la lancha con una cámara digital Cannon E20, a partir del cual en gabinete, se consiguió un nuevo conteo de los grupos de lobo marino en cada una de las islas y del sustrato en el que se encontraban. Mientras se realizaban

los conteos directos, se registraron las posiciones geográficas de las loberas y posteriormente se corroboraron las posiciones con las del registro fotográfico por medio del programa Robogeo 3.1 (Preteck Inc. 2006). Este programa calcula las coordenadas de las imágenes capturadas, correlacionando los datos almacenados en el GPS y la hora en que fue tomada cada imagen.

6.2 Análisis de datos

6.2.1 Base de datos

Se diseñó ex profeso una base de datos en el programa Access de Microsoft, donde se capturaron los datos tomados en campo. Dicha base de datos comprende distintas tablas que incluyen datos generales de las cuatro especies de pinnípedos en México. Para esta investigación, de la base de datos se tomaron aquellos referentes a las navegaciones, los conteos totales y por categoría de lobo marino de California y por isla visitada, la posición geográfica de las loberas, la temporada del año, el tipo de sustrato por conteo, el nombre de los contadores y anotadores, el nombre de quien tomó las imágenes y el tipo de embarcación utilizado.

6.2.2 Conteos directos

Utilizando la base de datos antes descrita, se obtuvieron los conteos del lobo marino de California, durante la temporada reproductiva en el 2010. Debido a que la mayoría de los conteos directos fueron realizados por al menos dos observadores, fue necesario llevar a cabo una prueba que permitiera observar

el grado de similitud o diferencia entre los resultados de los contadores. Para esto se usó la prueba de repetitividad propuesta por Lessells y Boag (1987). Esta prueba arroja valores según la variabilidad en los conteos, los cuales van de 0 (cuando existe una alta variabilidad entre los contadores) a 1 (cuando hay una variabilidad baja entre contadores). Se llevó a cabo el análisis con ayuda del programa SPSS 17.0. (PASW Statistics 17.0, 2009), el cual utiliza la siguiente serie de ecuaciones:

$$r = \frac{S^2_A}{(S^2 + S^2_A)} \quad (1)$$

Donde:

r = repetitividad

$S^2 = MS_W$ (cuadrados medios) componente de la varianza dentro de los grupos

S^2_A = componente de la varianza entre los grupos

El componente de la varianza entre los grupos, se calcula de la siguiente manera:

$$S^2_A = (MS_A - MS_W) / n_0 \quad (2)$$

Donde:

MS_A = componente de la varianza dentro de los grupos

MS_W = componente de la varianza entre grupos

n_0 = coeficiente relacionado al tamaño de muestra de los individuos, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$n_0 = \left[\frac{1}{(a-1)} \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^a n_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^a n_i^2 \right)}{\sum_{i=1}^a n_i} \right] \quad (3)$$

Donde:

a = número de grupos

n_i = tamaño de muestra de cada grupo

Se consideró como un grupo a aquellos animales que fueron contados en cada una de las playas visitadas. El tamaño de muestra equivale al número de veces que fue contado cada grupo (dependiente del número de contadores en cada salida).

Según Lessells y Boag (1987), si el valor obtenido es menor a 0.95 es posible eliminar a los contadores que representen la mayor diferencia en el conteo, ya que el 0.95 es el porcentaje de similitud recomendable entre cada

par de conteos analizados. Posteriormente, para obtener un solo dato por conteo, se calculó la media de cada réplica y éstos fueron los datos utilizados para la estimación de abundancia.

6.2.3 Conteos indirectos

De las imágenes tomadas durante los conteos del verano de 2009, fueron seleccionadas aquellas en las cuales se mostraba la presencia individual o grupal del lobo marino de California. Posteriormente se armaron secuencias con el programa PTAssembler 5.0 (Tawbaware, 2009). Este programa busca similitudes en las imágenes contiguas seleccionadas para unir las, de este modo, se unieron aquellas imágenes representativas del área contada para ampliar el panorama de la zona y tener un mejor resultado evitando en un alto porcentaje la duplicidad.

Aquellas imágenes que no se unieron en secuencias pero que capturaban a uno o más individuos sin llegar a formar una colonia, fueron procesadas de manera individual. Consecuentemente se contaron los lobos marinos en ambos tipos de imágenes por personas capacitadas, así como la categorización por personal experto con el apoyo del programa Image Pro Plus 6.0. (Media Cybernetics Inc., 2006). Este programa permite colocar un punto sobre cada individuo en la imagen y genera una tabla de conteo con los registros totales por categoría.

A los resultados totales de ambos tipos de conteo se les aplicó la prueba de Chi cuadrada (X^2) para determinar cuál de los dos métodos es el más conveniente de utilizar para esta especie y zona de estudio.

6.3 Abundancia

6.3.1 Estimación de abundancia absoluta

Sólo los datos obtenidos por medio de conteos directos durante el verano de 2010 fueron utilizados para estimar la abundancia absoluta, ya que éstos resultaron los más completos y mejor categorizados, debido a la experiencia adquirida por los contadores en el campo. Después, teniendo como base trabajos anteriores sobre la estimación de abundancia del lobo marino de California, se utilizaron los dos estimadores que mejor se ajustaron a los datos obtenidos en este trabajo. El primer estimador permite conocer el tamaño de la población por medio de la metodología usada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), la cual se deriva de la usada por Boveng en su Reporte Administrativo para la NOAA (1988). Ésta permite predecir la proporción de crías recién nacidas representadas en una población con una distribución de edad estable, usando un factor de supervivencia hipotético y un factor estimado de incremento anual (ecuación 5). Esta metodología se basa en los conteos de crías porque son la única categoría de sexo y edad que cada año puede observarse en tierra en casi su totalidad (recién nacidos). A partir de éstas, se puede estimar la proporción de individuos por edades en la población, y al mismo tiempo, el valor total.

Primero se estimó el factor de incremento anual de la población mediante una regresión lineal usando el logaritmo natural del número total de crías en las islas del área de estudio (Lowry y Maravilla-Chávez, 2005). En este trabajo, se usó la compilación de conteos de crías realizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005) en el área de estudio para los años de 1979, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999 y 2000, así como sus conteos estimados para las islas en años donde no encontraron datos. Al igual que Lowry y Maravilla-Chávez (2005), se excluyeron los conteos obtenidos durante años El Niño, ya que estos no reflejan la tendencia real de la producción de crías como se mencionó anteriormente. Para obtener la tasa de crecimiento anual más reciente, a estos conteos se les agregó el conteo resultante de 2010 reportado en este trabajo y se hizo la estimación.

En la metodología usada por los autores antes mencionados, se tomó un factor de supervivencia hipotético obtenido por Boveng (1988) escalando el factor de supervivencia de las hembras de lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*) para estimaciones de longevidad del lobo marino de California (Barlow y Boveng, 1991)(ANEXO I).

En este estudio, para la estimación de la población del lobo marino de California, se consideró más apropiado usar el factor de supervivencia hipotético de la tabla de vida propuesta por Hernández-Camacho (2001) (Tabla 2) para las categorías de edad de la población del lobo marino de California en

el Golfo de California, en lugar del usado por Lowry y Maravilla-Chávez (2005). Se asumió una proporción de sexos al nacer de 1:1 y una tasa de mortalidad pre-censo del 15% (Aurióles-Gamboa y Sinsel, 1988; Francis y Heath, 1991; Melin, 2002). Así, con estos elementos, la distribución de edad estable puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$C_x = \frac{l_x \lambda^{-x}}{\sum_{y=1}^{\omega} l_y \lambda^{-y}} \quad (5)$$

Donde:

C_x = distribución de edad estable (fracción de una población en la clase de edad x)

l_x = factor de supervivencia

x = clase de edad (años)

λ = factor de incremento anual

y = todas las clases de edad

Tabla 2. Factor de supervivencia por categoría de sexo y edad propuesto por Hernández-Camacho (2001) para el lobo marino de California en el Golfo de California.

HEMBRAS		MACHOS	
Clases de edad (años)	l_x	Clases de edad (años)	l_x
0	1	0	1
1	0.797	1	0.614
2	0.68	2	0.479
3	0.574	3	0.416
4	0.542	4	0.364
5	0.489	5	0.343
6	0.489	6	0.322
7	0.478	7	0.302
8	0.468	8	0.27
9	0.468	9	0.239
10	0.468	10	0.229
11	0.448	11	0.197
12	0.436	12	0.177
13	0.404	13	0.125
14	0.383	14	0.104
15	0.361	15	0.104
16	0.308	16	0.041
17	0.223	17	0
18	0.127		

El segundo estimador se basa en la aplicación de factores de corrección a los conteos totales y se aplicaron a las crías y hembras contabilizadas en todas las islas para obtener el total de la población. Primero, considera que se subestima en un 50% el número de crías debido a que todos los conteos directos fueron realizados desde una embarcación (Bonell y Ford, 1987); después, para corregir el número de hembras se aplican dos factores de corrección, el 23% y 54%; bajo el supuesto de que durante la crianza, las hembras realizan viajes de alimentación al mar y no siempre están visibles durante los conteos, el primer factor se aplica para las primeras semanas de la época de crías y el segundo para las últimas semanas (Bonell y Ford, 1987)(para un panorama general de la metodología para estimación de abundancia ver ANEXO II).

6.4 Distribución

6.4.1 Distribución y sitios de crianza de *Zalophus californianus*

Para la determinación de los sitios de crianza, se usaron los datos colectados durante el verano del 2009 y con ellos se elaboró un Sistema de Información Geográfica (SIG) que incluye los mapas del área de estudio elaborados por la M en C Esther Jiménez (CICESE), la información recabada durante las navegaciones, el tipo de sustrato, las coordenadas de las colonias del lobo marino de California que presentaban crías, entre otros datos, y se conformó en distintas capas dentro del programa Arc Gis 9.3.

La distribución espacial de las crías del lobo marino de California se obtuvo con base en la ubicación geográfica de los sitios muestreados durante los conteos directos utilizando para esto un GPS y se corroboraron posteriormente en las imágenes tomadas durante el verano de 2009. Las coordenadas se ubicaron en los mapas de las islas visitadas y se identificaron las áreas reproductivas del lobo marino de California de acuerdo a la presencia de al menos una cría. Se consideró como colonia reproductiva a las agrupaciones de uno o más lobos marinos que estuvieran en un sitio determinado y en el cual se observara la presencia de crías.

Debido a que el tamaño de las colonias varía según el tipo de hábitat o sustrato, fue necesario unificar la simbología en los mapas con el fin de poder observar tendencias. Como resultado de esto, se elaboró un histograma de frecuencias. Al mismo tiempo, se realizó el cálculo del coeficiente de sesgo (Sk) de los conteos de crías con respecto al tamaño de la colonia por medio de la ecuación 6 (Weaver, 2005).

$$\text{Coeficiente de } Sk = \frac{3 * (\bar{X} - Ma)}{\sigma} \quad (6)$$

Donde:

\bar{X} = Media de los datos

Ma = Mediana

σ = Desviación estándar de los datos

De este modo, cuando el resultado de Sk es un valor positivo, indica que la media de los datos es mayor a la mediana y los datos estarán sesgados positivamente; es decir, del conjunto de datos analizados los valores o números bajos son los más frecuentes. Cuando Sk es un número negativo, ocurre lo contrario y los datos estarán sesgados negativamente, siendo más frecuentes los números altos. Estos cálculos permiten analizar el conjunto de datos obtenido y permite determinar de una manera indirecta qué tipo de datos son los que se tienen y cuáles deben ser analizados más detalladamente (Weaver, 2005).

Posteriormente, tomando en cuenta la distribución de las crías y teniendo como base los factores que describen y definen los tipos de hábitat propuestos por Arias-Del Razo (2011) para las cuatro especies de pinnípedos en las islas del Pacífico Mexicano (Tabla 3), se establecieron las características de los sitios de crianza (SC) preferencial para el lobo marino de California durante su temporada reproductiva.

Tabla 3. Factores y sus categorías considerados para definir los sitios de crianza preferidos por el lobo marino de California. Modificado de Arias-Del Razo (2011).

FACTOR	CATEGORÍAS			
Sustrato	Playa de arena	Playa de canto rodado	Plataforma rocosa	Acantilado
Pozas de marea	Ausencia		Presencia	
Exposición al oleaje intenso	Protegido		Expuesto	

Arias-Del Razo (2011) describe cuatro factores de escala local para la clasificación del tipo de hábitats usado por el lobo marino de California (en este trabajo se consideran los sitios de crianza): el tipo de sustrato, la presencia o ausencia de pozas de marea, la exposición al oleaje y la profundidad de las aguas cercanas al sitio. Sin embargo, debido a que la profundidad de las aguas cercanas al sitio es poco importante para el desarrollo de las crías del lobo marino de California, en este trabajo se elaboró una nueva combinación de sitios descartando este factor. Los SC fueron reconstruidos en el SIG siguiendo éstas combinaciones de la presencia/ausencia de los diferentes factores, así como el tipo de sustrato. Se utilizó la longitud de cada segmento de SC y su porción correspondiente del conteo para obtener la abundancia relativa (Ar) de las crías por cada 100 metros lineales de costa por SC (Arias-Del Razo, 2011) (Tabla 10).

$$Ar = \left(\frac{\text{Número de crías}}{\text{Longitud}} \right) \times 100 \quad (6)$$

Para evaluar el uso de los distintos hábitats en una especie se han considerado las variaciones en la abundancia relativa entre éstos (Wolf *et al.*, 2005), donde se espera que una mayor concentración de animales implique una preferencia por las características que conforman dicho hábitat. Teniendo así que la abundancia relativa de las crías se consideró como la variable de respuesta a la preferencia de un tipo de hábitat o SC para la reproducción. Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los sitios

de crianza caracterizados y la abundancia relativa de las crías con respecto a éstos, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Arias-Del Razo, 2011).

7. RESULTADOS

7.1 Conteos directos

Durante el verano de 2009 los conteos se realizaron en 11 días (Julio: del 8-10 y del 18-20; Agosto: del 5-10 y los días 20 y 28) de esfuerzo para contar a los individuos de las 4 especies de pinnípedos en las 10 islas del área de estudio, y se invirtieron 115 horas en total. Durante ese esfuerzo se registraron un total de 287 conteos con un total de 21,389 organismos de lobo marino de California. Para el verano de 2010 los días de esfuerzo fueron 16 en total (1, 2, 17 y 22 de junio; 17-20 y 22 de julio; 6-8, 10, 11 y 19 de agosto), se invirtieron un total de 125 horas y se registraron 576 conteos con un total de 24,603 individuos de lobo marino de California. Solamente se categorizaron los individuos de las loberas en 9 de las 10 islas visitadas durante ambos veranos, ya que en la isla San Roque sólo se distribuye la foca de puerto.

Debido a que los conteos se llevaron a cabo de manera pareada con el apoyo de tres contadores que participaron en una o más ocasiones de manera combinada, se les aplicó la prueba de repetitividad. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 4, donde se puede observar que en todas las

combinaciones de contadores los valores de r son mayores a 0.95. Por lo tanto, las réplicas se promediaron para obtener un solo conteo y usarlo en la estimación de abundancia.

Tabla 4. Resultados del análisis de repetitividad realizado en el programa SPSS 17.0 para las diferentes combinaciones entre contadores. Todos los valores de r calculados resultaron mayores a 0.95. Las abreviaciones indican los contadores y sus combinaciones usadas durante el trabajo de campo. C1: contador 1, C2: contador 2 y C3: contador 3.

COMBINACIONES	VALORES DE r CALCULADA
C1 y C2	0.978
C1 y C3	0.987
C2 y C3	0.980

En la tabla 5 se muestran los conteos totales sin categorizar directos e indirectos para el verano de 2009. Se puede observar que en la mayoría de las islas, los conteos directos reportan más individuos que los conteos indirectos, en este caso, se puede observar una diferencia de 4,023 individuos para los registros del verano de 2009.

Tabla 5. Conteos totales directos e indirectos del lobo marino de California durante el verano de 2009 en las 10 islas del área de estudio.

ISLA	C.indirectos	C. directos
Coronados	882	1,509
Todos Santos	182	192
San Martín	147	229
San Jerónimo	866	1,245
Guadalupe	57	69
Islas Benito	2,895	4,901
Cedros	7,135	6,907
Natividad	1,595	1,982
Asunción	3,607	4,355
San Roque	0	0
TOTAL	17,366	21,389

En la Tabla 6 se presentan los conteos totales directos del lobo marino de California en el área de estudio para los veranos de 2009 y 2010.

Tabla 6.- Conteos totales directos del lobo marino de California durante el verano de 2009 y 2010 en las islas del área de estudio.

Isla	2009	2010
Coronados	1,509	719
Todos Santos	192	449
San Martin	229	260
San Jerónimo	1,245	1,371
Guadalupe	4,901	243
San Benito	6,907	5,230
Cedros	1,982	12,972
Natividad	69	1,176
Asunción	4,355	2,186
San Roque	0	0
TOTAL	21,389	24,603

Se puede observar que aunque el método es el mismo, durante el 2009 el número de individuos totales es tan sólo el 86.9% de los observados durante el 2010. La diferencia entre el resultado de un año y otro es de 3,214 individuos, siendo el 2010 el año con más organismos contabilizados. La diferencia más remarcable entre los conteos directos totales por isla del 2009 y 2010, es la cantidad de organismos contabilizados en Cedros durante este último año. Durante el 2009 se registraron 1,982 organismos de lobo marino de California y para el verano del 2010, se contabilizaron 12,972 organismos, teniendo una diferencia considerable de 10,990 lobos.

7.2 Conteos indirectos

Se revisaron un total de 5,517 imágenes (secuencias e individuales) de las cuales 1,957 imágenes registraron colonias o individuos de lobo marino de California. Para este trabajo se contabilizaron y categorizaron sólo los individuos en las imágenes tomadas durante el verano de 2009 y se muestran en la tabla 7.

Para determinar si realmente hay diferencias estadísticas significativas entre los tipos de conteo empleados, se realizó la prueba Ji cuadrada (χ^2). Para esta prueba no se consideró a la isla San Roque, ya que no se contabilizó ningún organismo de lobo marino de California. Esta prueba arrojó en su resultado que sí existen diferencias significativas ($\chi^2_{\text{cal}}= 471.235$; $gl=8$; $P= 0.000$; $\chi^2_{\text{cri}}= 15.507$; $\alpha=0.05$).

Tabla 7. Conteos indirectos totales por categoría de sexo y edad durante el verano de 2009 para las islas del área de estudio.

Isla	Macho Adulto	Macho Subadulto	Hembra	Joven	Cría	Misceláneo	TOTAL
Coronados	11	39	472	99	116	145	882
Todos Santos	40	54	38	4	4	42	182
San Martín	2	0	17	3	2	123	147
San Jerónimo	21	10	219	75	7	534	866
Guadalupe	10	5	33	0	6	3	57
San Benito	116	29	1,130	29	1,322	269	2,895
Cedros	282	194	2,554	621	2,125	1,359	7,135
Natividad	79	77	705	120	312	302	1,595
Asunción	221	92	1,544	155	867	728	3,607
San Roque	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	782	500	6,712	1,106	4,761	3,505	17,366

No se aplicó ninguna prueba o corrección a los conteos indirectos por categoría debido a que fue una sola persona capacitada quien los contabilizó.

7.3 Abundancia absoluta

La primera estimación de abundancia se realizó con la metodología usada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), que tiene como base los conteos totales de las crías recién nacidas para predecir la proporción de todas las clases de edad (Tabla 8). Se usaron los datos de los conteos de crías recopilados por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), y se enriquecieron con los obtenidos en este trabajo, extendiendo los años de conteo desde 1979 hasta el 2010 para el cálculo de la tasa de crecimiento anual. Además, se utilizó el factor de supervivencia calculado en la tabla de vida para el lobo marino de California propuesto por Hernández-Camacho (2001)(Tabla 2).

Con los conteos de crías de los años previos a este trabajo obtenidos de Lowry y Maravilla-Chávez, (2005), se logró estimar, al igual que los autores, dos valores para la tasa de crecimiento anual. La primera incluye conteos de los años 1979-2000 y es de 0.4% [pendiente: 0.004; SD: 0.23; F (1,5); R^2 : 0.02], el segundo valor incluye conteos durante los años 1989-2010 (incluye este trabajo) y es de 0.6% (pendiente: 0.006; SD: 0.016; F (1,5); R^2 : 0.02). Siguiendo la metodología de los autores, se separó en dos la estimación de la distribución de edad estable debido a las dos tasas de incremento anual calculadas (Tabla 8).

Tabla 8. Distribución de edad estable (C_x) estimada para la población de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) con base en el factor de supervivencia por categoría de sexo y edad propuesto por Hernández-Camacho (2001) para el lobo marino de California en el Golfo de California y una tasa de crecimiento anual estimada de 0.4% y 0.6%. La clase de edad 0 pertenece a los recién nacidos.

HEMBRAS				MACHOS			
	Clases de edad	C_x			Clases de edad	C_x	
		l_x	0.40%			0.60%	l_x
0	1	0.106659	0.114039	0	1	0.191	0.193
1	0.797	0.084668	0.090347	1	0.614	0.117	0.118
2	0.68	0.071951	0.076624	2	0.479	0.091	0.091
3	0.574	0.060493	0.064294	3	0.416	0.079	0.079
4	0.542	0.05874	0.060348	4	0.364	0.069	0.069
5	0.489	0.053208	0.054122	5	0.343	0.064	0.064
6	0.489	0.053421	0.053799	6	0.322	0.06	0.06
7	0.478	0.052428	0.052275	7	0.302	0.056	0.056
8	0.468	0.051536	0.050876	8	0.27	0.05	0.05
9	0.468	0.051742	0.050573	9	0.239	0.044	0.044
10	0.468	0.051949	0.050271	10	0.229	0.042	0.042
11	0.448	0.049928	0.047836	11	0.197	0.036	0.036
12	0.436	0.048785	0.046277	12	0.177	0.032	0.032
13	0.404	0.045385	0.042625	13	0.125	0.023	0.022
14	0.383	0.043198	0.040168	14	0.104	0.019	0.018
15	0.361	0.04088	0.037635	15	0.104	0.019	0.018
16	0.308	0.035018	0.031918	16	0.041	0.007	0.007
17	0.223	0.025455	0.022972	17	0	0	0
18	0.127	0.014555	0.013004				
19	0	0	0				

De acuerdo a Lowry y Maravilla-Chávez (2005), para estimar a qué porcentaje de la población representan las crías, se consideró el valor de (C_x) estimado para la clase de edad cero y se extrapoló al cien por ciento de la población. Teniendo así que el porcentaje de recién nacidos hembras con una tasa de crecimiento anual del 0.4% equivale al 10.66% de la población y para los machos recién nacidos equivale al 19.1%. Por lo tanto, se tiene en promedio un porcentaje de crías estimado de 14.9%.

Ahora bien, tomando los conteos totales directos de crías para el 2010 (Tabla 9) corregidos con el 15% de mortalidad pre conteo y multiplicado por el inverso del porcentaje al que equivalen las crías (6.71), se puede estimar un total de 54,482 individuos. Para la segunda tasa de crecimiento anual estimada del 0.6%, el porcentaje de crías hembras equivale al 11.40% y para los machos equivale al 19.3%, en promedio se tiene un 15.35% de crías. Multiplicando el inverso de ésta fracción (6.51) por el total de crías corregido, se tiene una estimación de 52,846 individuos (para mejor referencia de los cálculos, consultar ANEXO II y III). Ambas estimaciones son exclusivamente para el verano de 2010 en las islas del área de estudio.

Para el segundo método de estimación, se aplicaron los factores de corrección del 50% para las crías y 23% y 54% para las hembras de acuerdo a la fecha en que se realizó el conteo (Tabla 9).

Tabla 9. Conteos totales directos por categoría de sexo y edad del lobo marino de California durante el verano de 2010 en las 10 islas del área de estudio. También se muestran los totales por isla y por categoría corregidos.

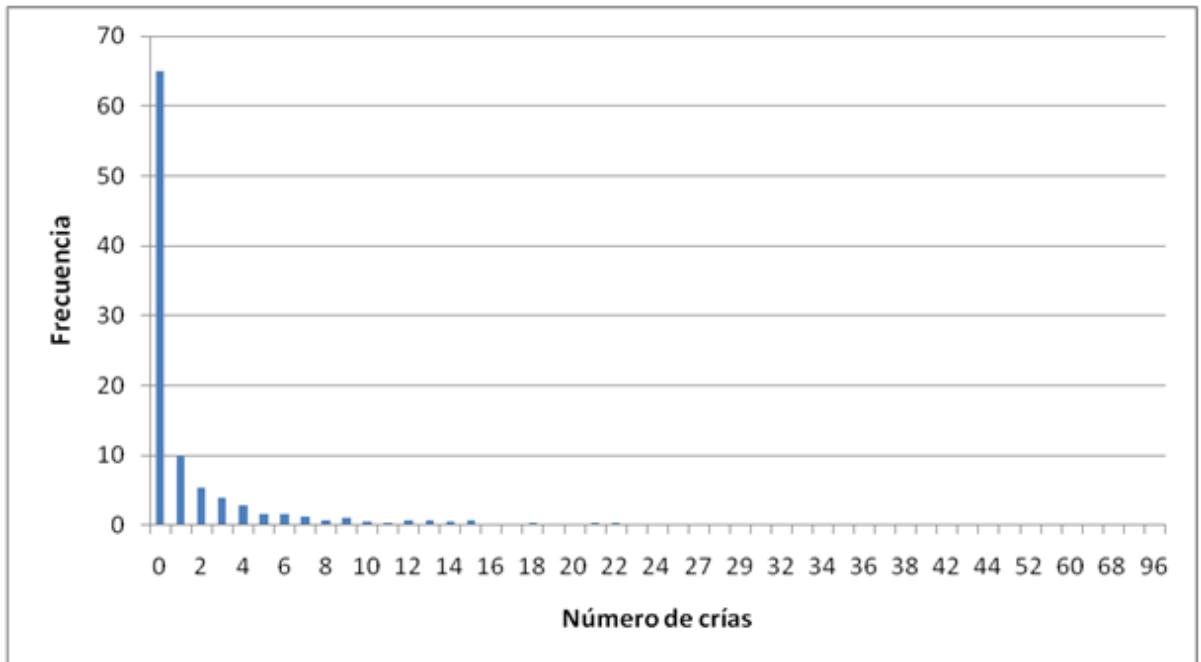
Isla	Fecha	Macho Adulto	Macho Subadulto	Hembra	Joven	Cría	Misceláneo	TOTAL
Coronados	14-Sep	20	29	276	27	69	299	720
Todos Santos	19-Ago	167	121	48	20	1	93	450
San Martin	02-Sep	48	8	89	1	8	107	261
San Jerónimo	03-Sep	93	30	480	41	8	720	1,372
Guadalupe	17-Jul	19	0	157	3	58	7	244
San Benito	6-9 Ago	220	30	2,455	8	2,234	285	5,232
Cedros	10-Oct	498	677	5,085	682	3,875	2,155	12,972
Natividad	09-Ago	83	30	678	12	225	149	1,177
Asunción	05-Sep	57	114	875	39	586	517	2,188
San Roque		0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		1,203	1,037	10,141	831	7,061	4,330	24,603
TOTALES CORREGIDOS		1,203	1,037	15,454	831	10,592	4,330	33,447

Durante esta temporada, la isla que presentó una mayor abundancia fue Cedros al igual que San Benito. Esto se puede observar tanto en los conteos directos como indirectos de ambos años de muestreo (Tablas 5, 6 y 7). La isla con menor cantidad de crías fue Todos Santos, seguida de San Martín y San Jerónimo. La Isla Guadalupe tuvo el número más bajo de lobo marino de California para el 2010.

7.4 Distribución y sitios de crianza de *Zalophus californianus*

Se elaboró un SIG para establecer la distribución de las zonas reproductivas del lobo marino de California con base en la presencia-ausencia de crías. La posición geográfica de las colonias de crías para la elaboración de los mapas se obtuvo a partir de las imágenes tomadas durante el verano de 2009. Posteriormente se elaboró un histograma de frecuencias para identificar los tamaños de clases (Figura 2). Por medio del cálculo del sesgo se determinaron las clases para la unificación de la simbología en todos los mapas (MEDIA: 28, MEDIANA: 24, COEF. SESGO: 0.56, SD: 22). La figura 2 nos permite ver que la mayoría de las colonias presentaron pocos individuos. También muestra las frecuencias de los diferentes tamaños de las colonias contadas a partir de las imágenes.

Figura 2. Histograma de frecuencias con datos de los conteos de crías en las imágenes digitales, durante el verano de 2009, para la unificación de la simbología comparable entre islas.



Según el histograma de frecuencias, la mayor frecuencia se observa en agrupaciones de 1 a 5 crías, seguido de 6 a 8 crías. Las agrupaciones de más de 22 crías presentan una frecuencia menor. Los grupos de más de 60 crías se presentaron sólo en una ocasión.

La distribución de las crías en los mapas y los sitios de crianza ocupados se presentan en las figuras 3 a la 12 y en la tabla 10, respectivamente.

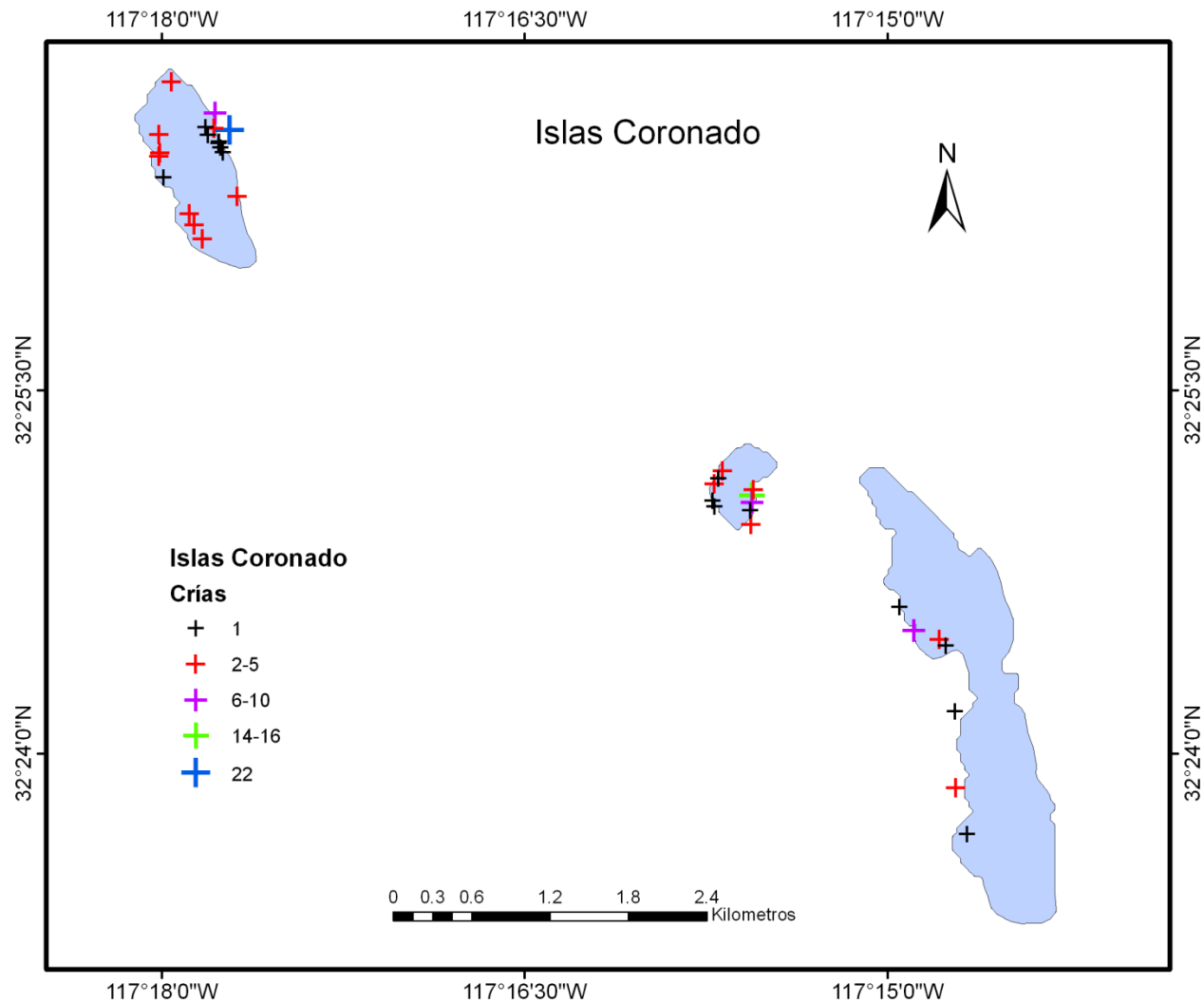


Figura 3. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en las islas Coronado basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

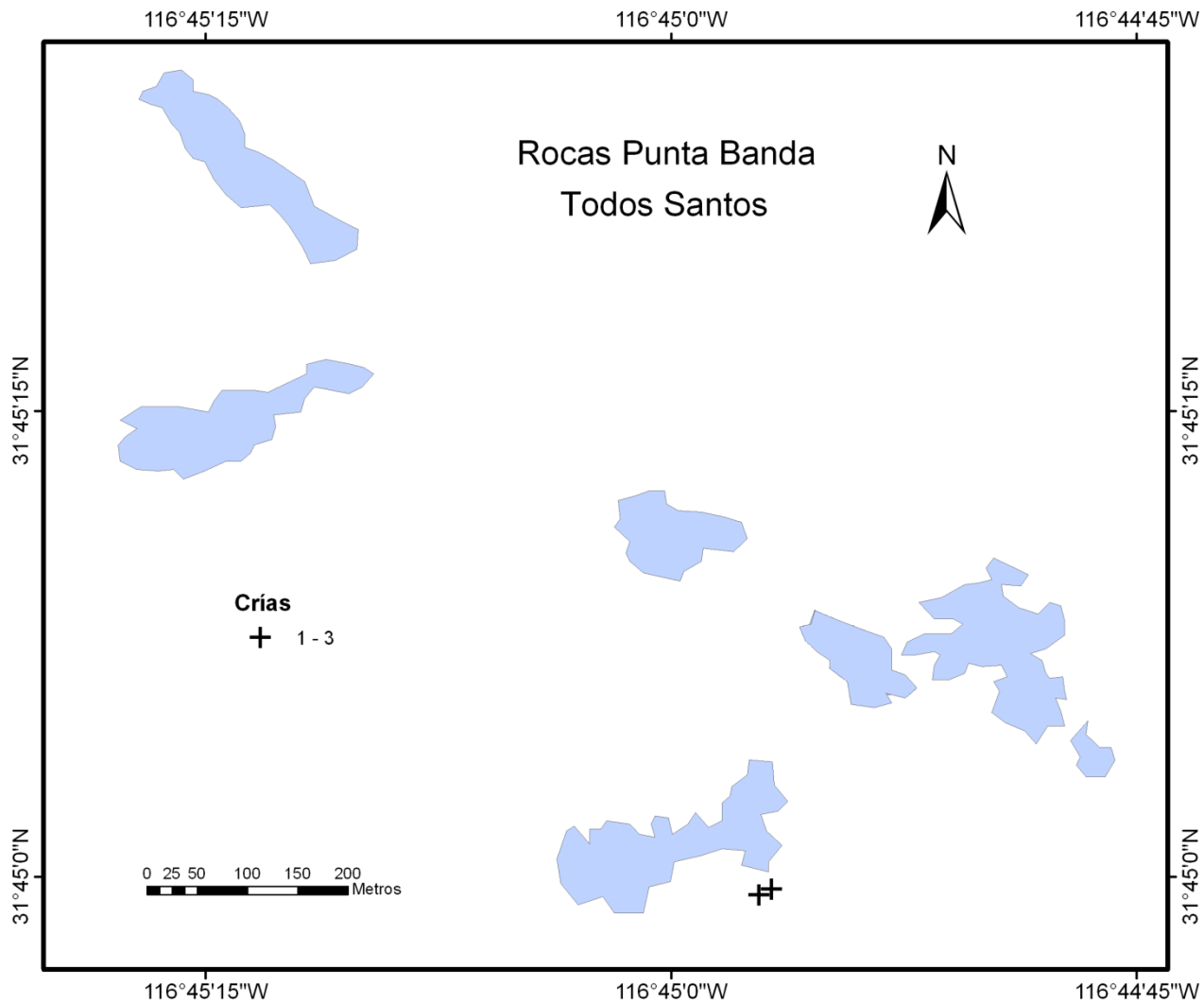


Figura 4. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en las rocas al sur de la Isla Todos Santos basado en los conteos indirectos (verano de 2009). Nótese que en las Islas Todos Santos no se encontraron crías.

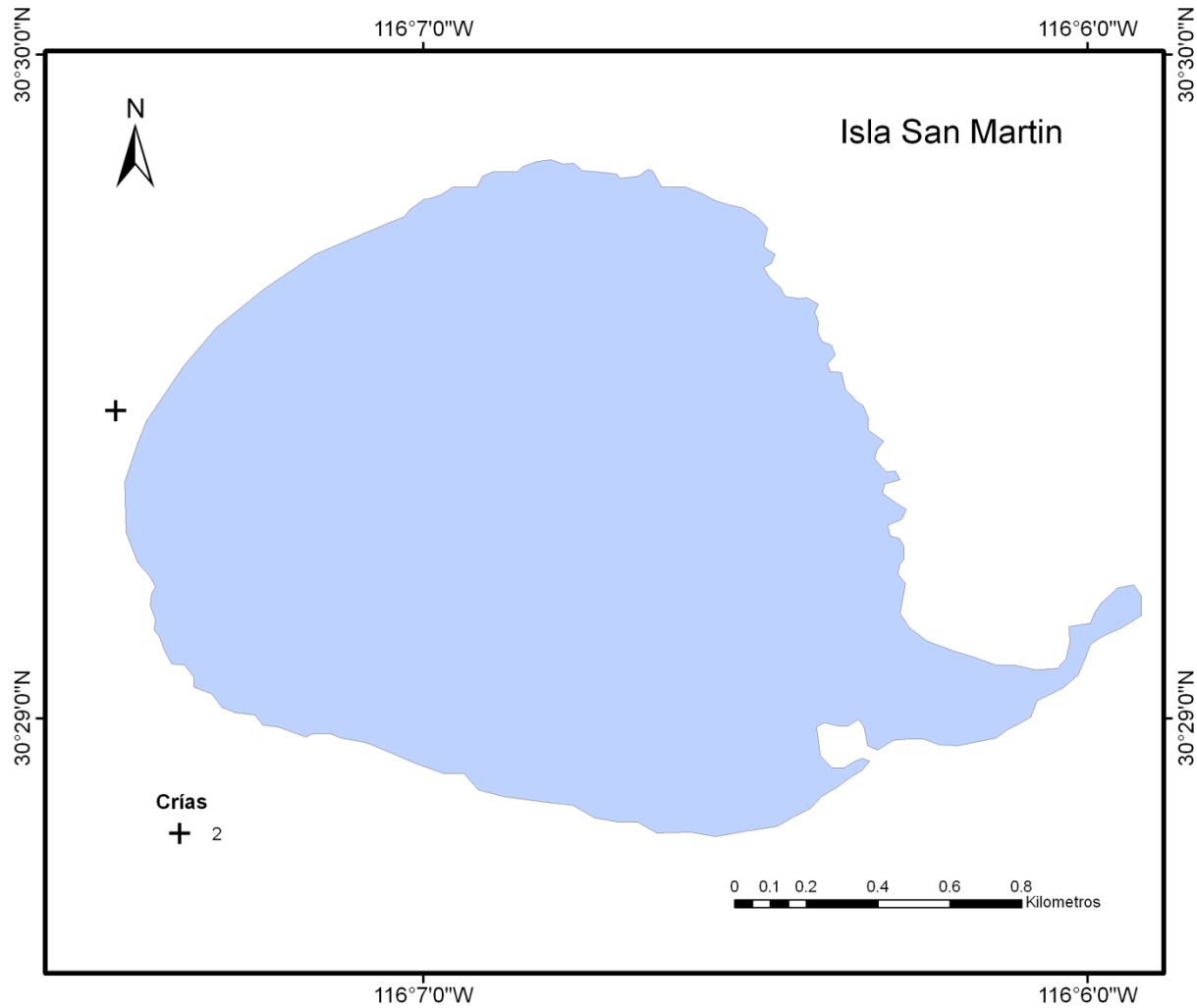


Figura 5. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus*, en la Isla San Martín basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

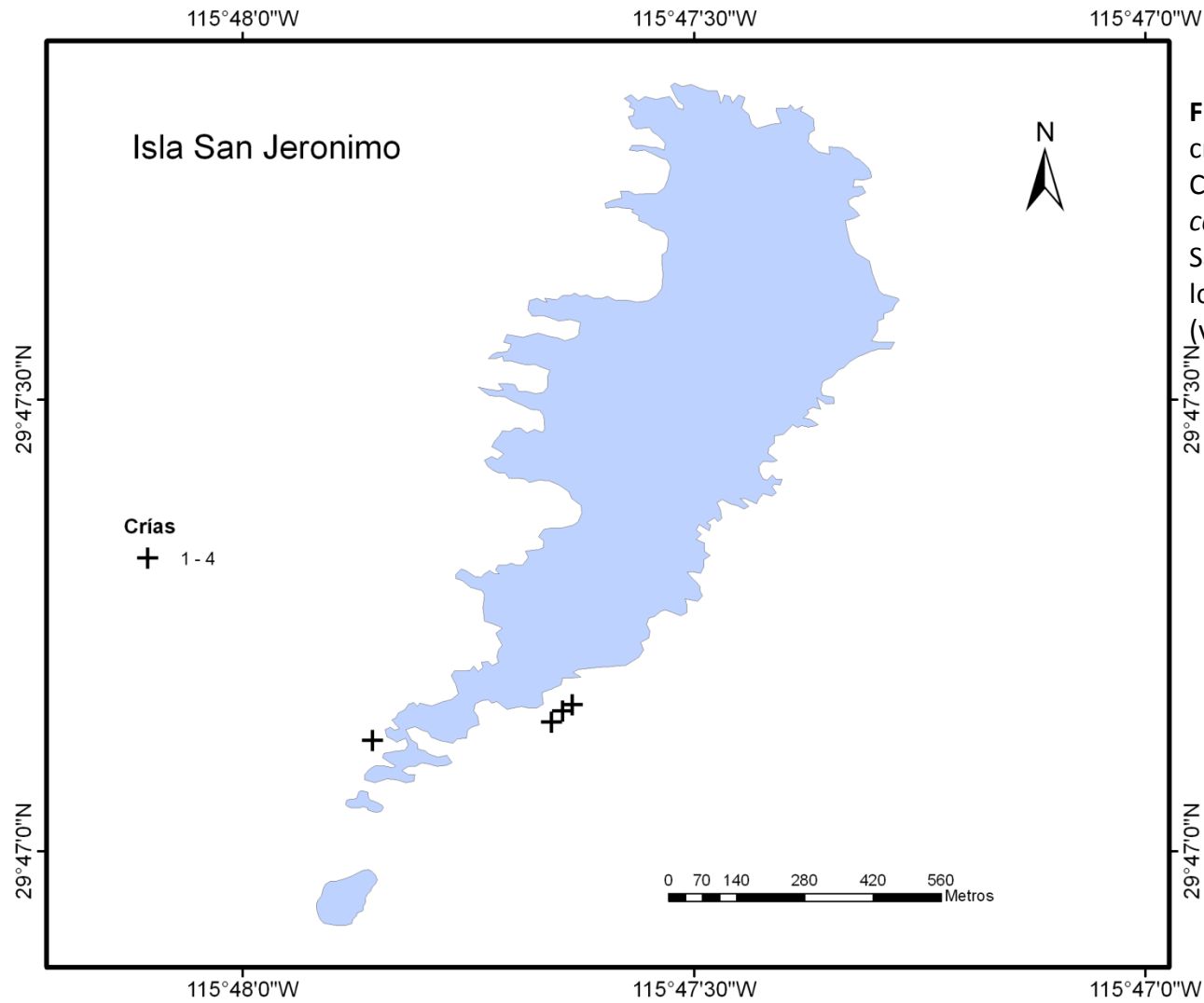


Figura 6. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla San Jerónimo basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

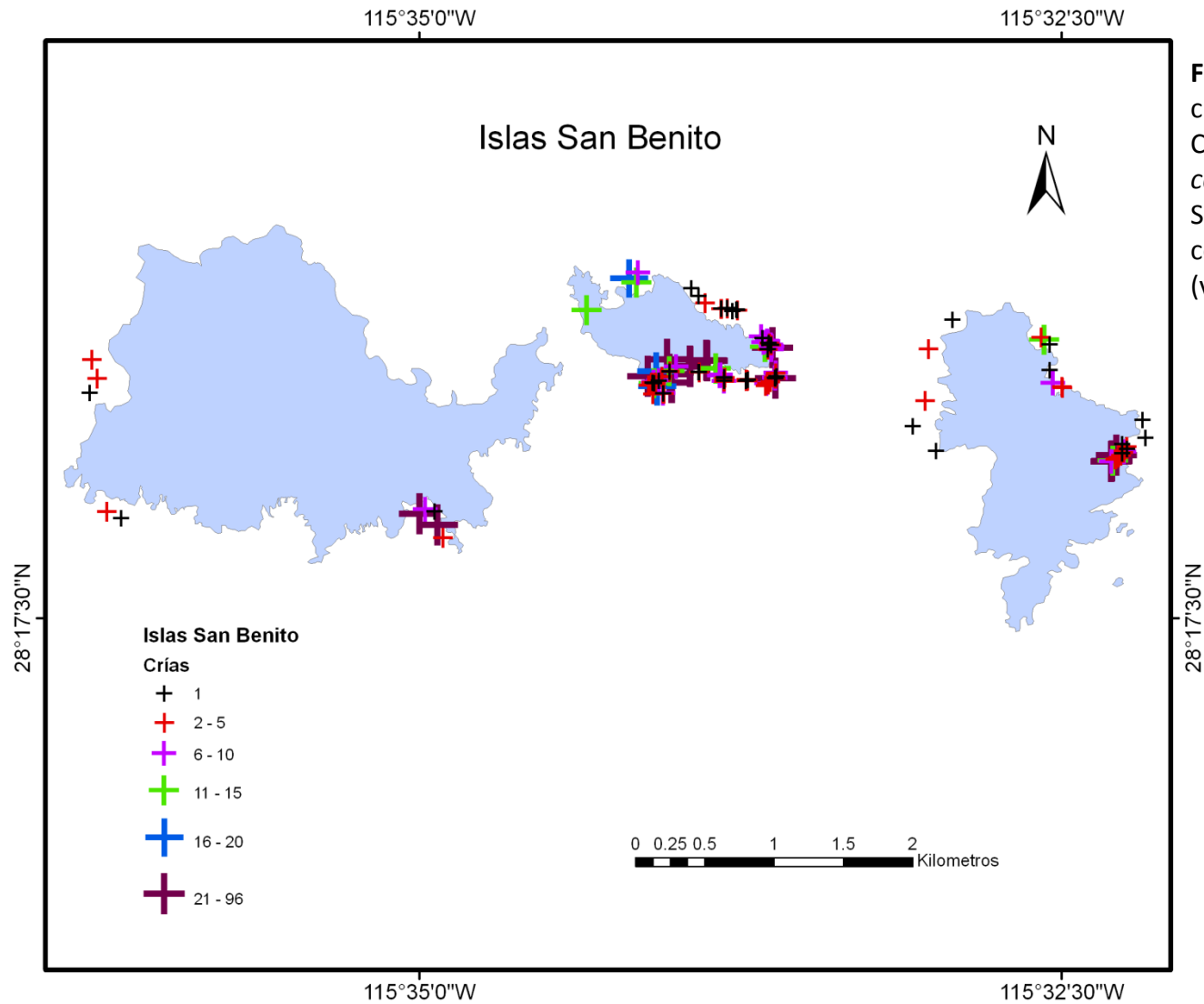


Figura 7. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en las Islas San Benito basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

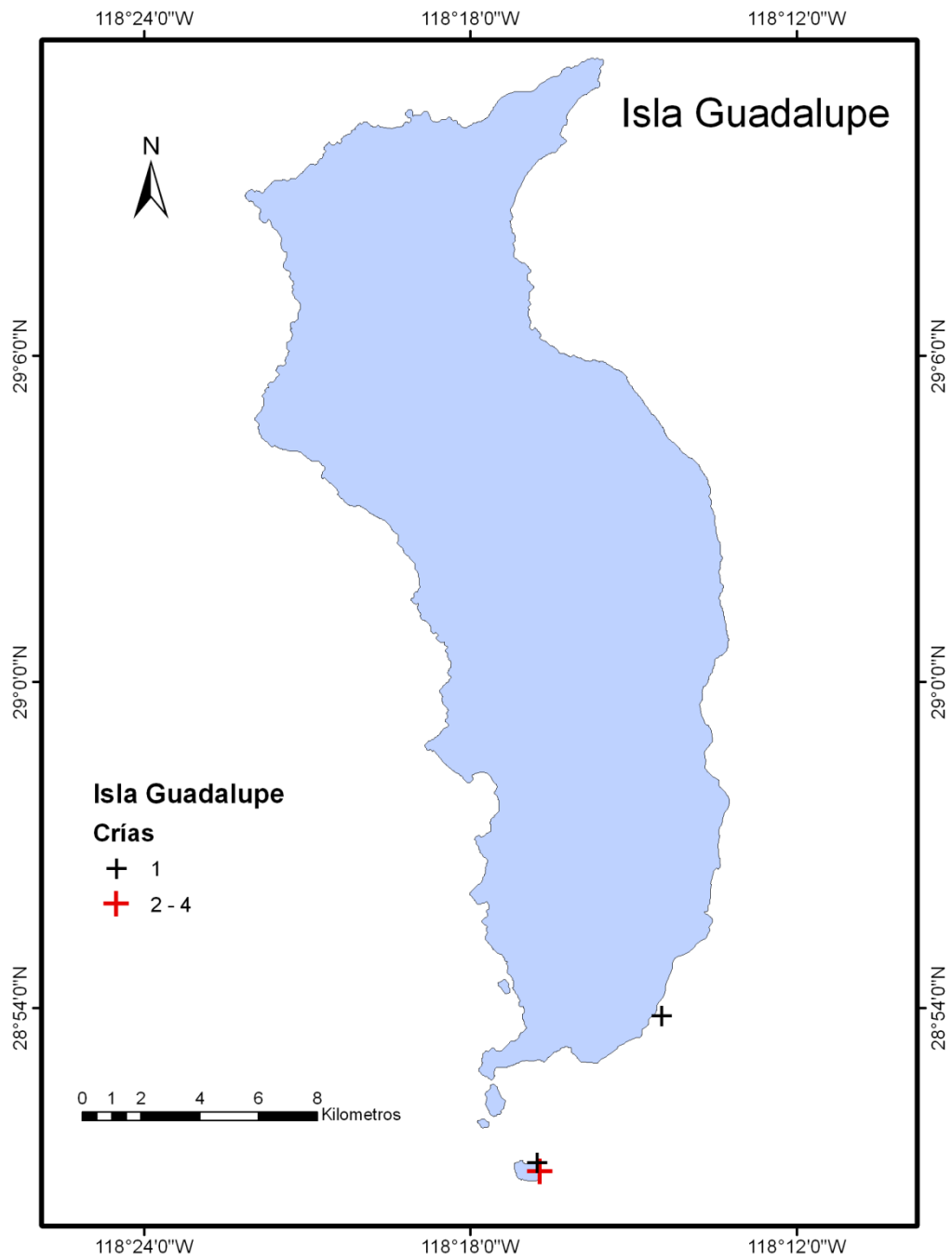


Figura 8. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla Guadalupe (al sur en el islote el Toro) basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

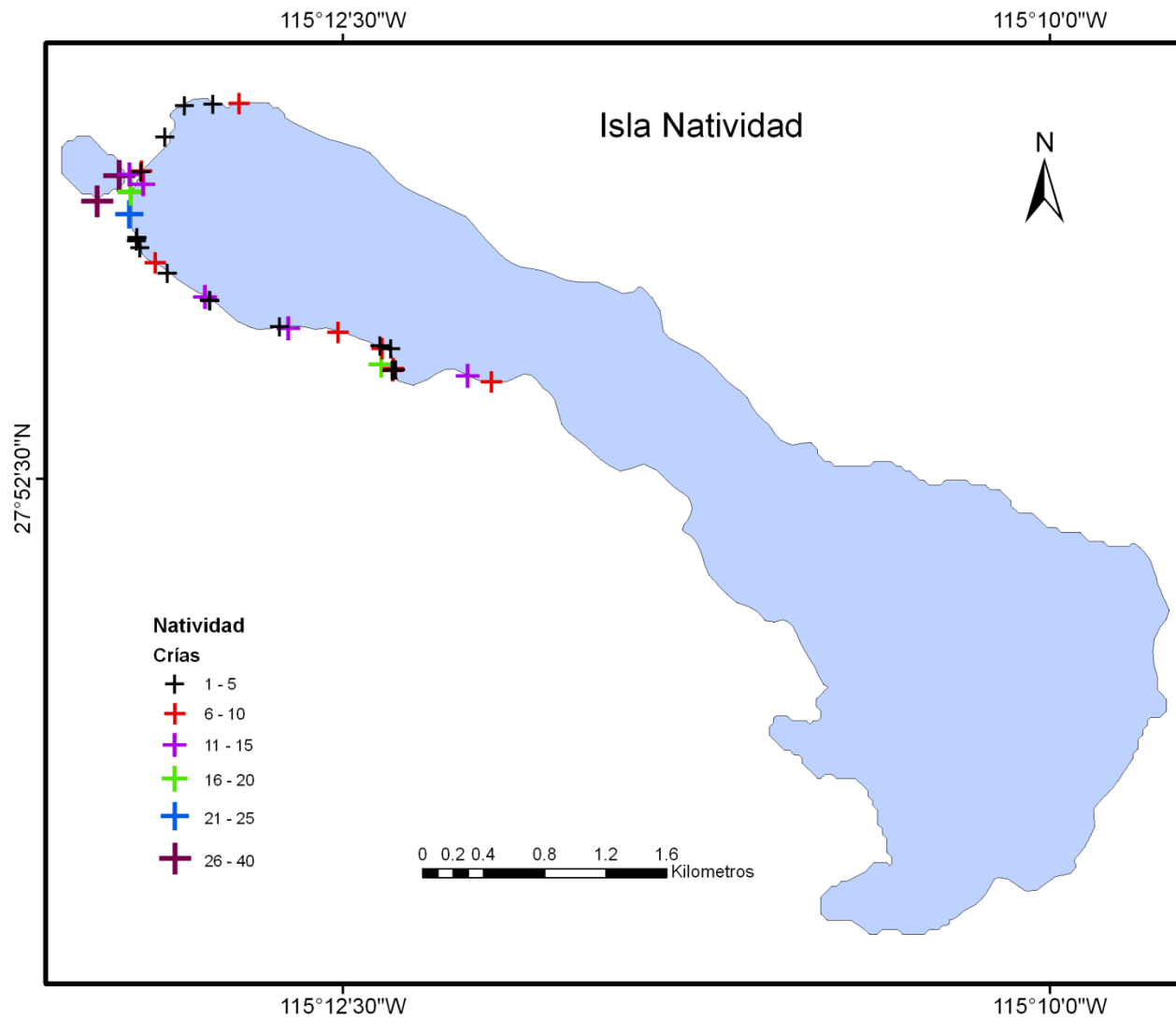


Figura 9. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla Natividad basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

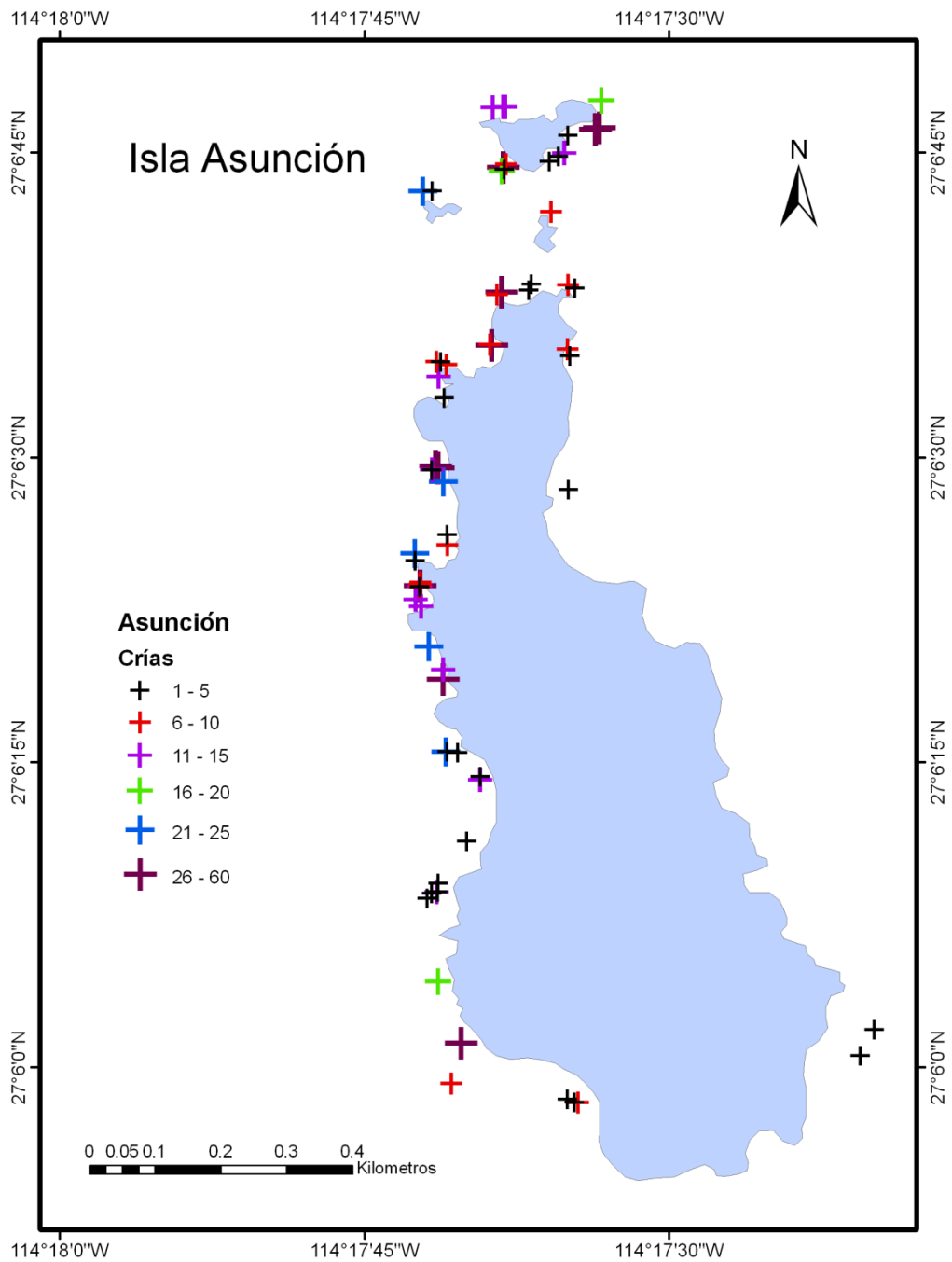


Figura 10. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla Asunción basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

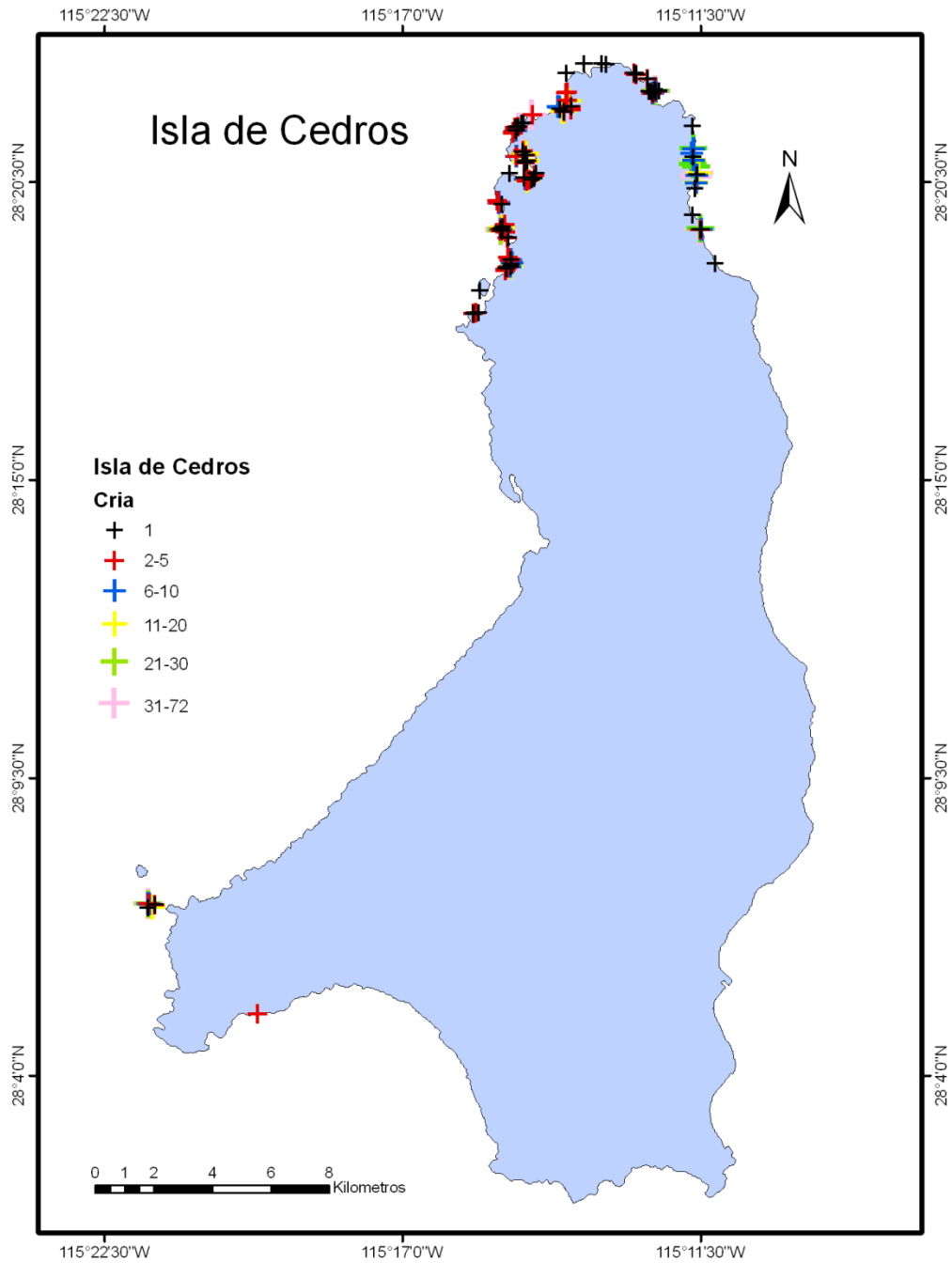


Figura 11. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla de Cedros basado en los conteos indirectos (verano de 2009). En el suroeste de la isla se encuentra el Islote El Caimán. En la Figura 12 se presenta el detalle en Punta Norte.

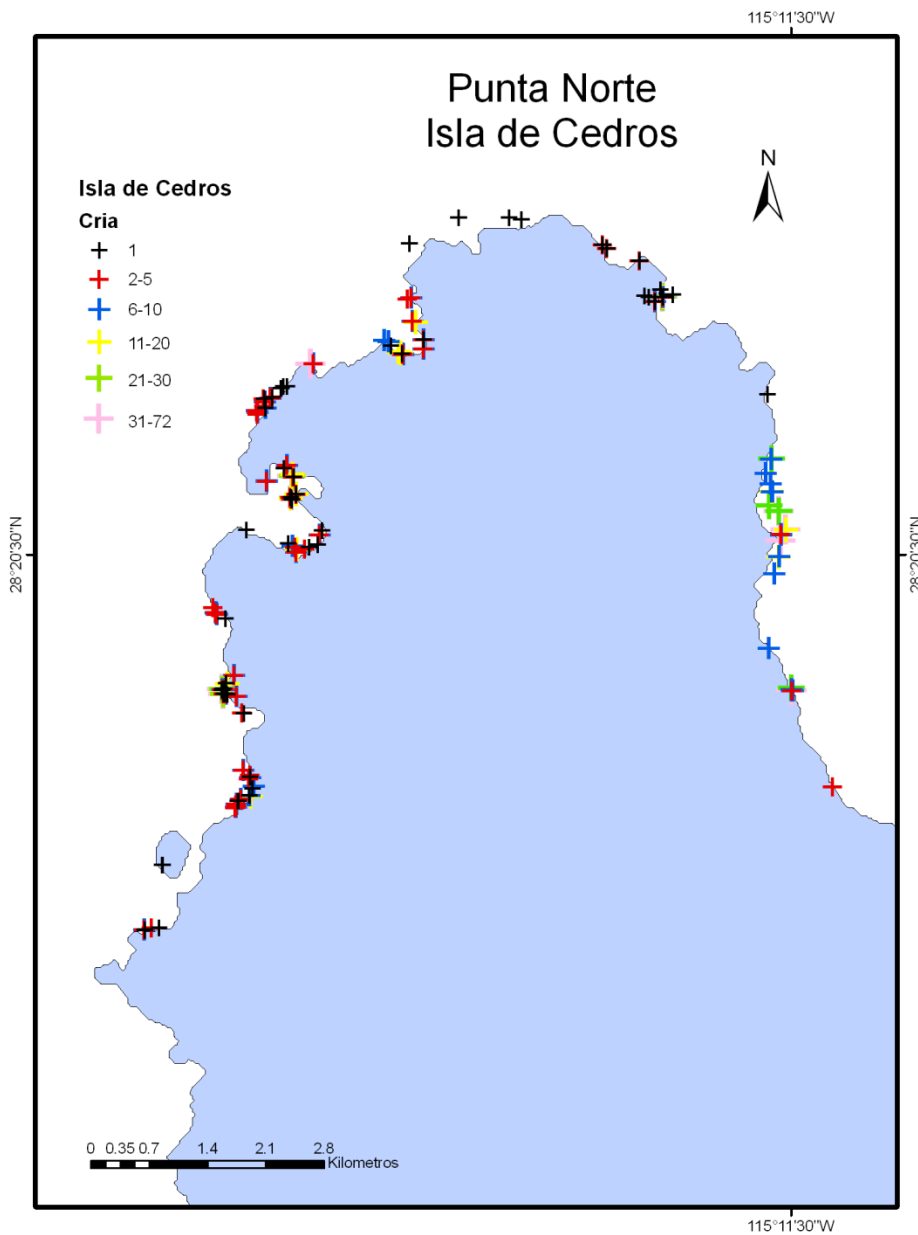


Figura 12. Distribución de crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* en la Isla de Cedros más detalladamente en la Punta Norte, basado en los conteos indirectos (verano de 2009).

De norte a sur, en Coronados (Fig. 3) las agrupaciones de crías que tienen mayor frecuencia son aquellas conformadas por uno y hasta 6 individuos. En esta isla el grupo más grande de crías es de 22 individuos. En la isla Todos Santos no se observó ninguna cría, sin embargo, en las rocas ubicadas 5km al sur de ésta, (Rocas de Punta Banda, Fig. 4) se registraron tres individuos.

En San Martín y San Jerónimo, las agrupaciones de crías registradas no fueron mayores a 4 individuos y su distribución insular no fue amplia (Figs. 5 y 6). Por otro lado, en las Islas San Benito los grupos más frecuentes fueron los de 5 individuos distribuidos principalmente en la Isla del Centro. Se observan algunos grupos a lo largo de las islas del Este y Oeste, pero los grupos de hasta 96 crías se ubican en la zona más protegida a la exposición del oleaje de las islas del Centro y del Este (Fig. 7). Para la isla Guadalupe, se ubicaron sólo dos sitios con presencia de grupos crías, uno de una sola cría y el grupo mayor de tan sólo 4 individuos (Fig. 8).

Las islas con mayor diversidad en el número de crías por clases fueron Isla Natividad y Asunción. Se presentaron hasta 6 diferentes clases de grupo con un máximo de 40 crías en Natividad, distribuidas principalmente en la punta noreste de la isla (Fig. 9), y 60 crías en Asunción, distribuidas principalmente a lo largo de la zona noreste de la isla (Fig. 10). Finalmente, la distribución de crías en Isla de Cedros no es homogénea en toda la extensión insular, se observa una distribución sesgada principalmente en la Punta Norte y en el islote

conocido como El Caimán (Fig. 11). De igual modo las agrupaciones de 1 a 10 crías son las más frecuentes siendo de hasta 96 crías el grupo más grande contabilizado (Figuras. 11 y 12).

Una vez que se obtuvieron las nuevas combinaciones de los sitios de crianza con base en lo propuesto por Arias-Del Razo (2011), éstas se incorporaron al SIG para relacionarlo con las coordenadas donde se avistaron crías y así lograr obtener los diferentes tipos de sitios de crianza. En la tabla 10 se pueden observar los diferentes sitios de crianza que presentaron al menos una cría de lobo marino de California.

Tabla 10. Sitios de crianza (SC) y su caracterización. También se describe el número de crías por SC y la Abundancia relativa (Ar). En negritas se remarcan los valores más altos de Ar.

Sitios de crianza (SC)	Sustrato	Presencia de pozas de marea	Exposición al oleaje	Longitud (m)	No. De crías	Ar
1	Arena	No	Expuesta	22978.22	544	2.3674
3	Acantilado	Si	Expuesta	1727.84	1	0.0578
4	Acantilado	Si	Protegida	3921.76	14	0.3569
5	Acantilado	No	Expuesta	81205.02	352	0.4334
6	Acantilado	No	Protegida	67736.36	1120	1.6534
10	Plataforma	Si	Expuesta	22271.55	325	1.4592
11	Plataforma	Si	Protegida	22353.01	497	2.2234
12	Plataforma	No	Protegida	46724.79	1014	2.1701
13	Plataforma	No	Expuesta	41806.66	670	1.6026
16	Canto	No	Protegida	8387.84	74	0.8822
17	Canto	No	Expuesta	25396.38	150	0.5906

Según el indicador de preferencia (Ar) los sitios reconocidos como favorables para la reproducción del lobo marino fueron el SC 1, 11 y 12 como prioritarios, caracterizados principalmente por poseer plataforma con o sin pozas de marea y protegidas del oleaje, a excepción del SC 1, que se caracteriza por sustrato arenoso, sin pozas de marea y expuesto al oleaje. Seguidas del SC 6 que presenta acantilado sin pozas de marea y protegida al oleaje y el SC 13 que posee plataforma sin pozas de marea y expuesta al oleaje. Los demás SC son variables, pero se puede observar que la categoría que predomina es el sustrato de plataforma rocosa y acantilado.

Los SC con valores de Ar bajos fueron el 3, 4, 5, 16 y 17, presentando valores de Ar menores a 1. Éstos se caracterizan por tener como sustrato Acantilado y canto rodado, pueden o no existir pozas de marea, así como exposición o protección al oleaje. Se observó que en los SC con valores de Ar altos, cuando el sustrato es de plataforma rocosa, la exposición al oleaje es importante.

De acuerdo a lo observado en la Tabla 10, se puede decir que los SC 1, 6, 10, 11, 12 y 13 son preferidos por el lobo marino de California. Ahora bien, siguiendo la metodología usada por Arias-Del Razo (2011), para saber si existen diferencias estadísticamente significativas entre los SC y la Abundancia relativa de crías presente, se llevó a cabo una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El análisis de Kruskal-Wallis indicó que no existen diferencias

significativas en la abundancia relativa observada entre los SC ($H = 10.00$; $GL = 10$; $P = 0.440$). Esto implica que durante la temporada reproductiva el lobo marino de California no presenta sitios con características preferenciales para la crianza.

8. DISCUSIÓN

8.1 Trabajo en el campo

El esfuerzo durante el trabajo de campo fue directamente dependiente de los eventos dentro del ciclo anual de cada una de las especies de pinnípedos incluidas dentro del proyecto general del que forma parte este trabajo. Teniendo así que, aunque se visitaran todas las islas en las cuatro temporadas del año y se hayan registrado conteos de lobo marino de California durante éstas, sólo se analizaron los datos obtenidos durante la temporada reproductiva (verano), que es la más importante para esta especie.

El trabajo de campo realizado durante el 2009 y 2010 incluyó la visita de las 10 islas del área de estudio. Sin embargo, durante 2010 hubo un incremento de 10 horas en el esfuerzo con respecto a 2009. También se registraron 289 conteos más que en 2009. El inicio de esfuerzo fue registrado en el campo en el momento en que comenzó el primer conteo de cada isla.

Las diferencias en las horas y los días de esfuerzo entre años pudo ser un factor determinante para el registro de una mayor cantidad de organismos durante el 2010. Según los conteos registrados, la mayor diferencia en el resultado se encuentra en la isla de Cedros, que muestra el registro de 10,990 organismos más que los encontrados durante el 2009 (Tabla 6). En este caso en especial, es importante mencionar que durante la visita realizada en el 2009 a esta isla, no se logró un acercamiento a la costa de 5 a 20 m en algunas zonas, debido al fuerte oleaje y a la presencia de mantos de macroalgas que lo impedían. Llevando a cabo los conteos directos a una distancia mayor a los 50 m para evitar accidentes. Debido a lo anterior, cabe la posibilidad de haber subestimado el total de organismos en la isla de Cedros durante el conteo del 2009.

Para las demás islas donde la diferencia en los resultados es baja, se puede afirmar que la experiencia adquirida por los contadores durante el 2010 fue mayor, por lo que el conteo minucioso y más exacto por éstos pudo haber influido en el resultado.

8.2 Métodos de conteo

El método para contar a los organismos de manera directa o desde una embarcación, es una técnica muy usada para la estimación de la abundancia en mamíferos marinos, y se sabe que el uso de diferentes métodos de censo o conteos, así como las diferencias en fechas y condiciones en que se realizan

las observaciones, influyen en el resultado (Maravilla-Chávez y Lowry, 1996). Aunque no hay trabajos donde realicen conteos por medio de imágenes tomadas desde lancha para el lobo marino de California, al observar los resultados de cada tipo de conteo, era posible esperar que los conteos por imágenes digitales proporcionaran un número mayor de organismos. Esto debido a que existen factores como el oleaje y la presencia de mantos de sargazo que impiden el acercamiento a la orilla para realizar los conteos y en las imágenes, este error se eliminaría, como se ha observado en conteos de otros pinnípedos p. *ej. Phoca vitulina* (Thompson y Harwood, 1990).

Sin embargo, si comparamos el número total de organismos obtenido a partir de conteos indirectos y directos para el 2009, podemos observar una mayor cantidad de individuos registrados, existiendo 4,023 lobos más que de forma indirecta (Tabla 5). Una razón por la que los conteos indirectos mostraron diferencias al compararlos con los directos podría ser debido a la metodología usada para su análisis. Aunque el sobreponer las imágenes para el armado de secuencias es una metodología muy usada en conteos de pinnípedos (Lowry *et al.* 2005; Fowler y Stobo, 2005; Bengston *et al.*, 2007), su eficacia depende de la habilidad para armar las secuencias o del programa de cómputo utilizado, ya que al no identificar el punto de traslape de cada una de las fotos se puede provocar la pérdida o duplicación de animales (Payne y Seltzer, 1989; Lowry *et al.*, 2005; Bengston *et al.*, 2007). En este caso, suponemos que la diferencia entre conteos directos e indirectos se debe principalmente a la pérdida de

animales causada por obstáculos visuales, principalmente rocas, las cuales se pueden evitar durante los conteos directos al avanzar la embarcación. Además, el uso del programa Image Pro Plus redujo de manera importante la posibilidad de un error durante el conteo indirecto. Esto debido a la mejoría de la calidad de imagen que confiere este programa y a la opción de marcaje individual de organismos contabilizados que ofrece el programa durante el conteo.

Por otro lado, la prueba χ^2 arrojó en su resultado diferencias significativas ($\chi^2_{\text{cal}}= 471.235$; $gl= 8$; $P= 0.000$; $\chi^2_{\text{cri}}= 15.507$; $\alpha=0.05$) entre los dos tipos de conteo, analizando los resultados de los conteos totales entre las diferentes islas del área de estudio. En este trabajo, los conteos directos resultaron un 18.8% mayores que los conteos indirectos. Aun cuando los conteos totales directos o desde la panga resultan en una mayor cantidad de individuos en el área de estudio, se presenta una excepción en la Isla de Cedros. Como se mencionó en los resultados, durante los conteos del 2009 se registraron 228 organismos más desde las imágenes con el método indirecto. Este patrón en Isla de Cedros puede deberse a que durante este año el acercamiento a la costa de la isla para contabilizar los organismos fue de más de 50m en algunas zonas debido al oleaje y a la presencia de mantos de sargazo, como resultado, no se logró realizar un conteo completo. Situaciones como ésta se han presentado en varios trabajos previos, donde factores como el oleaje y la presencia de mantos de macroalgas impiden un acercamiento suficiente para

obtener un resultado más certero (LeBoeuf *et al.*, 1983; Maravilla-Chávez y Lowry, 1996; Lowry, 1999).

Como se puede observar, debido a las características de las islas del área de estudio (y en general de Baja California) en donde la mayoría de las loberas se encuentran entre las rocas, se presentan muchos obstáculos que impiden registrar en la imagen a todos los individuos presentes. Además, para llevar a cabo los conteos indirectos se requiere casi el mismo esfuerzo en el campo, que el que se invierte para obtener los conteos directos, más el trabajo de gabinete. Sólo en caso de no poder aproximarse lo suficiente a la costa (aprox. 5 a 20m) para realizar el conteo directo, el conteo indirecto podría ser una buena alternativa como método de conteo para esta especie.

8.3 Abundancia

Las fechas de trabajo de campo abarcaron las cuatro estaciones del año debido al estudio de las demás especies de pinnípedos que están incluidas en el proyecto. Sin embargo, los conteos usados para las estimaciones de abundancia fueron los registrados durante el verano del 2010, ya que la mayoría de los trabajos que estiman abundancia de esta especie, señalan que esta temporada es ideal para los censos o conteos, debido a que es durante esta temporada cuando se congregan más individuos en tierra porque ocurren los partos (Heath, 2002) y el amamantamiento de las crías (Francis and Heath,

1991), así como las cópulas (Brownell et *al.*, 1974; Aurióles-Gamboa y Le Boeuf, 1991, Heath, 2002).

En la estimación de abundancia realizada con ambos métodos, se puede observar que la población de lobo marino de California es menor que en estimaciones anteriores. En las estimaciones de este trabajo, se obtuvo una abundancia de la población para el 2010 de 52,846 a 54,482 individuos (ANEXO III) de acuerdo a la metodología de Lowry y Maravilla-Chávez (2005) y usando solamente los factores de corrección propuestos por Bonell y Ford (1987), para la segunda estimación, se obtuvo un valor de 33,447 individuos (ANEXO IV). Ambas estimaciones arrojan valores por debajo de lo estimado por otros autores con anterioridad, considerando los 10 años transcurridos desde su última estimación, 75,000 a 87,000 en el Pacífico Mexicano por Lowry y Maravilla-Chávez (2005).

La tasa de crecimiento anual estimada en este trabajo, puede darnos también una idea del incremento o decremento en la población del lobo. Lowry y Maravilla-Chávez (2005), estimaron una tasa de crecimiento anual de la población del lobo marino de California de 0.4% y 3.2% para todas las islas del Pacífico Mexicano (incluyendo el complejo insular Santa Margarita). En este trabajo, las estimaciones arrojaron resultados para 2 tasas de crecimiento anual de 0.4% y 0.6%. Al igual que Lowry y Maravilla-Chávez (2005), en este trabajo se descarta la primera tasa de crecimiento debido a la influencia e inexactitud

de los conteos en 1979. Sin embargo, la segunda tasa de crecimiento estimada en este trabajo que incluye el conteo de 2010 sigue siendo baja en comparación con la estimada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), para el 2005.

Cabe destacar que en la estimación de abundancia realizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), se usó una aproximación de tabla de vida para el lobo marino de California elaborada con base en la tabla de vida de hembras del lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*). En este trabajo, se usó la tabla de vida propuesta por Hernández-Camacho (2001) para el lobo marino de California en el Golfo de California. Los resultados son diferentes si hubiera seguido exactamente la misma metodología, es decir, usando la tabla de vida empleada en la estimación de los autores (lobo fino del norte, ANEXO I) y las tablas de crecimiento anual calculadas en este trabajo. De haber utilizado la tabla de vida usada por los autores, la estimación de la población del lobo marino de California sería de 44,450 y 43,959 individuos con las tasas de crecimiento anual de 0.4% y 0.6%, respectivamente (ANEXO V). Las diferencias en la estimación de abundancia como resultado de usar una tabla de vida elaborada específicamente para el lobo marino de California y descartar la usada por los autores, es de 8,902 y 10,036 individuos más con las tasas de crecimiento anual de 0.4% y 0.6%, respectivamente (estimaciones en este trabajo: 54,486 con una tasa de 0.4% y 52,861 individuos con una tasa de 0.6%). Se puede suponer que existe esta diferencia en las estimaciones debido a que el factor de supervivencia del lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*) es menor con

respecto al propuesto por Hernández-Camacho (2001) para el lobo marino de California.

Como se puede observar, se presenta una subestimación al utilizar la tabla de vida empleada por Lowry y Maravilla-Chávez, (2005), debido a que ésta puede no representar la tabla de vida del lobo marino de California (Lowry y Maravilla-Chávez, 2005). Un indicador de esto, se observó en estudios preliminares realizados en la Isla San Miguel (E.U.A) con marcas satelitales, donde se observó una mayor supervivencia de lobo marino de California con respecto al lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*) (Jeff Laake com. Pers., citado en Lowry y Maravilla-Chávez, 2005). Además, al estimar la abundancia a partir del método de Boveng (1988) los resultados se ven influenciados por el factor de incremento anual (tasa media de crecimiento anual). La estimación de la población aumentará a medida que disminuye la tasa de crecimiento, por lo que se convierte en un componente crítico de la ecuación (Lowry y Maravilla-Chávez, 2005) y por lo cual es importante tener la mayor cantidad de conteos anuales de las áreas a estudiar para tener un valor más certero. De ser así, la estimación realizada en este trabajo representa una mejor aproximación de la abundancia en el Pacífico Mexicano.

En estudios anteriores, las estimaciones para la población de lobo marino de California indicaban que la población global era de 145,000 individuos (Le Boeuf *et al.*, 1983), de los cuales el 16% se distribuía en el Golfo de California,

el 46% en el Pacífico Mexicano, el 35% en la región sur de California y 3% entre California Central y la Columbia Británica en Canadá. Lowry y Maravilla-Chávez (2005) hicieron una nueva aproximación de esta estimación global con sus datos y los de Auriol-Gamboa y Zavala-González (1994) para el Golfo de California, y obtuvieron un cambio en el porcentaje de distribución. Mencionan que para el 2000 la población del lobo marino de California es aproximadamente de 344,000 a 359,000 individuos, de los cuales el 9% pertenecería al Golfo de California, del 22-24% para el Pacífico Mexicano y 67-69% se encontraría en Estados Unidos.

Como se puede observar, de acuerdo a lo publicado y a la comparación entre la última estimación de abundancia y este trabajo, existe una tendencia a la baja en la población de lobo marino en el Pacífico Mexicano y en el Golfo de California, mientras que la población en Estados Unidos se ve incrementada. En algunas loberas del Golfo de California, según Szteren *et al.* (2006), se ha observado una disminución en la abundancia de lobo marino de California en los últimos 10 años. Se ha observado que las loberas de El Partido han tenido una reducción poblacional de 50%, la lobera Los Machos 61%, en la Isla Ángel de la Guarda y Granito 49%, estas islas están ubicadas en la parte norte del Golfo de California (Szteren *et al.*, 2006). Por otro lado, en un estudio para la NOAA realizado por Carretta *et al.* (2005), se describe que entre 1980 y 2001, la tasa de producción de crías neta promedio en E.U.A. es de 15.1%, mostrando valores bajos en las estimaciones sólo cuando se presentan años El

Niño. En las estimaciones calculadas eliminando estos años, la tasa de producción promedio neta disminuye ligeramente a 12.5%, pero en ningún momento muestra una disminución permanente a lo largo de los años de estudio (Carretta *et al.*, 2005). Sin embargo, una tasa de producción promedio neta de 12.5% en 20 años, no confiere una explicación lo suficientemente sustentable para los altos valores de abundancia de lobo marino de California en E.U.A.

Otra posible explicación a la reducción poblacional del lobo marino de California en el Pacífico Mexicano, es una alta mortalidad, aunque no existen reportes de que haya ocurrido un evento de tal magnitud, en las poblaciones de E.U.A. sí hay evidencias de efectos desfavorables producidos por el fenómeno El Niño. Se ha observado que durante este evento aumenta la mortalidad de los adultos, hay una disminución en el crecimiento de las crías y un aumento en la mortalidad de crías y jóvenes (DeLong *et al.*, 1991, Morris *et al.*, 1999, Carretta *et al.*, 2005). Con base en una serie de tiempo larga, partiendo de 1975 a 2001, los conteos de crías en la población de Estados Unidos muestran un efecto negativo durante los eventos de El Niño, decreciendo hasta un 35% en 1983, 27% en 1992 y 64% durante 1998 (Carretta *et al.*, 2005).

No obstante lo anterior, las oscilaciones de la abundancia del lobo marino de California pueden ser causadas debido a una redistribución de los organismos. Éste cambio puede estar influenciado por variaciones en el

ambiente, como sucede con los eventos de El Niño. Este fenómeno afecta la producción media anual (aprox. 20%) en las costas del área de estudio (Hernández-de-la-Torre *et al.*, 2004) y genera una disminución en la biomasa de peces pelágicos menores (Hernández-de-la-Torre *et al.*, 2004). Aunado a esto, es sabido que los hábitos alimentarios de *Zalophus californianus*, parecen estar definidos por la distribución de sus presas principales y las características oceanográficas y ambientales de las distintas zonas geográficas que abarca su distribución (Espinosa-de-los Reyes, 2007). De tal modo que al ser la ecología alimentaria determinante en gran medida de su comportamiento, distribución y abundancia (Heath y Francis, 1983), si sus especies presa se mueven por causas ambientales como El Niño, forzarán al lobo marino de California a desplazarse mayores distancias en busca de presas (Heath, 2002). Ejemplo de esto, son los trabajos de Morris *et al.* (1999) y Huber (1991), que corresponden a efectos debidos a la presencia de El Niño 1997-98 y 1982-83, respectivamente. Los resultados de Morris *et al.* (1999) sugieren que, durante El Niño, las hembras de San Miguel, California, dieron a luz a sus crías en la Isla Año Nuevo, que se ubica a unos 400 Km al norte de la primera en la Bahía de Monterrey. En el segundo trabajo se realizaron censos en diferentes puntos del centro de California (cerca de San Francisco) durante la presencia del evento El Niño 1982-83. Se observaron incrementos de 54% en las Islas Farallón, 125% en Point Reyes, 240% en Bodega Rock y presencia de lobos marinos juveniles en Double Point donde no existían reportes de la presencia de esta especie (Huber, 1991).

Como apoyo a lo anterior, dentro de los estudios de la distribución del lobo marino de California, es común que después de la temporada de reproducción los machos adultos y subadultos que habitan las colonias del Pacífico Mexicano y el sur de California (E.U.A) migran hacia el norte, rumbo a California, Oregon, Washington y la Columbia Británica (Fry, 1939; Bartholomew y Boolootian, 1960; Hancock, 1970; Bigg, 1973; Mate, 1975; Bonnell *et al.*, 1978), y regresan al sur antes del siguiente periodo reproductivo (Lowry, 1986; Lowry y Forney, 2005). Algunas de estas migraciones se relacionan con periodos de descanso y alimentación (Antonelis y Clifford, 1980; Melin y DeLong, 1999) y con la abundancia de algunas presas como la merluza del Pacífico, *Merluccius productus* (Ainley *et al.*, 1982).

De tal manera que si relacionamos estos movimientos con la abundancia poblacional, podríamos inferir un aprovechamiento mayor de las aguas norteñas por el lobo marino de California. Esto se apoya con un comportamiento similar reportado por Auriol-Gamboa (1983), debido a las fluctuaciones estacionales en la población del lobo marino en diferentes loberas del sur del Golfo de California. Describe una tendencia en la población de lobos que consiste en la disminución de hembras y machos durante el verano y continúa hasta el invierno. Esta fluctuación no afecta la población de la parte norte del Golfo de California y por lo tanto no explica las variaciones en las poblaciones sureñas. Esta variación en las poblaciones de lobo marino en el sur del Golfo de California puede ser debida a la interacción de éstas con poblaciones del sur y

norte de las costas del Pacífico Mexicano durante la temporada reproductiva (Aurióles-Gamboa, 1983).

8.4 Distribución y sitios de crianza

Es sabido que el lobo marino de California es de los pinnípedos que tiene una distribución amplia (LeBoeuf *et al.*, 1983; Peterson y Bartholomew, 1967; Heath, 2002; Reeves *et al.*, 2002) y que durante la temporada reproductiva tiene la capacidad de acotar su distribución a las islas del Canal, al sur de California, islas del Pacífico Mexicano y del Golfo de California (Peterson y Bartholomew, 1967; LeBoeuf *et al.*, 1983). Sin embargo, es poco conocida su distribución dentro de las islas y principalmente durante la temporada reproductiva.

En este estudio, se logró identificar como islas reproductivas incipientes a las Rocas de Punta Banda ubicadas al sur de las Islas Todos Santos, San Martín e Isla Guadalupe, islas no reconocidas como reproductivas en los últimos estudios (Maravilla-Chávez y Lowry, 1996) y que además se encuentran más al norte de aquellas islas reportadas como las principales reproductivas de esta especie. Aunque el número de crías reportadas para el 2010 en estas islas es bajo, la sola presencia podría indicar que estas islas representan una lobera reproductiva incipiente, lo que apoyaría la teoría de una redistribución de la población hacia el norte.

Para tratar de identificar los sitios reproductivos del lobo marino de California, se definieron diferentes sitios de crianza de acuerdo a las características observadas durante los conteos, para tratar de establecer un patrón en la distribución de las crías, sin embargo, según los mapas elaborados en este trabajo, se puede observar que las crías se encontraron en diversas zonas de las islas, sin ningún patrón aparente. Aunque el índice de Ar apuntaba hacía los SC 1, 6, 10, 11, 12 y 13 como preferidos, la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($H = 10.00$; $GL = 10$; $P = 0.440$) mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sitios caracterizados como SC y la Abundancia relativa de crías presente, lo cual concuerda con lo reportado por Arias-Del Razo (2011) para el resto de las categorías de sexo y edad del lobo marino de California (exceptuando a las crías).

En el caso de la Isla Guadalupe, aunque se observa que el lobo fino de Guadalupe ocupa una gran porción del territorio en la isla, el lobo marino de California se restringe al islote El Zapato, ubicado cerca de la porción sur de la isla Guadalupe. Teniendo así que el encontrar ambas especies coexistiendo en distintas zonas hace suponer que no existe una competencia excluyente por el espacio, sino que ambas especies se muestran tolerantes ante la presencia de la otra (Gallo-Reynoso, 1994; Arias-Del Razo, 2011). Está reportado que el uso compartido del hábitat entre pinnípedos no es inusual, y está documentado en diversos sitios. Por ejemplo, Sullivan (1980) describe que frente a las costas del condado de Humboldt en California, el lobo marino de Steller (*Eumetopias*

jubatus), el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) y la foca de puerto (*Phoca vitulina*) cohabitan en dos islotes. Este autor señala en sus observaciones que los machos adultos de *E. jubatus* mostraron dominancia frente a todas las clases de edad de *Z. californianus*, desplazando a éstos a otras zonas, volviéndolas a ocupar una vez que *E. jubatus* se iba. También señala que tanto *E. jubatus* como *Z. californianus* mostraron dominancia sobre *P. vitulina*. Por lo tanto, se puede inferir que la dominancia de una especie sobre otra está dada en cierta medida por el tamaño corporal (Sullivan, 1980). Sin embargo, los factores por los cuales no se encontraron individuos de *Zalophus californianus* en San Roque, deben ser ajenos a los analizados en este trabajo, ya que sólo está presente una colonia de foca de puerto. Por lo tanto, la alta tolerancia a otras especies de pinnípedos y la poca selección de hábitat presente en el lobo marino de California, favorece la suposición de una distribución más norteña de la población presente en el Pacífico Mexicano.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La estimación de abundancia realizada en este trabajo, reflejó la continua disminución de la población de lobo marino de California en el Pacífico Mexicano y la redistribución de su población con tendencias al norte, con respecto a la última estimación de su abundancia en el área de estudio.
- Debido a la baja preferencia por el lobo marino de California para elegir sitios de crianza, es probable que de moverse su población a aguas norteñas, se quede a residir y ocupe no sólo islas del norte de Baja California, si no también islas del sur y centro de California.
- De existir fluctuaciones en la distribución del lobo marino de California sesgadas hacia el norte, se debe esperar que haya registros mayores en el número de crías presentes en islas más norteñas dentro de su distribución reportada en el Pacífico Mexicano, y que no se habían reportado con anterioridad.
- En el SIG elaborado, se lograron caracterizar los sitios de crianza utilizados por el lobo marino de California con base en las categorías y factores propuestos por Arias-Del Razo (2011) para la temporada del 2009.

- En estudios posteriores, se pueden realizar comparaciones con la distribución de las crías presentada en este trabajo para continuar con el registro y tener más información base.
- Tener un registro a largo plazo de la distribución de las crías nos permite determinar cuáles son los sitios usados para la reproducción del lobo marino de California en las islas del Pacífico Mexicano y su correlación con las características del hábitat presente en los sitios registrados.
- El método de conteo directo para esta especie, es el más recomendado siempre y cuando se realice por personas capacitadas en la categorización y conteo de pinnípedos.
- El método de conteo indirecto es recomendable para las colonias de lobo marino de California siempre y cuando se asegure una aproximación a la isla de menos de 20 metros.
- El apoyo de imágenes digitales tomadas simultáneamente a los conteos directos del lobo marino de California, permite corroborar información recabada para la caracterización de hábitats y de categorización de lobo marino, así como la obtención de la posición geográfica del lobo marino.

10. LITERATURA CITADA

- Aguirre E.G., Gaxiola S., Nájera T., Baumgartner M.K. y Mitchel B.G. 2004. Phytoplankton absorption, photosynthetic parameters, and primary production off Baja California: summer and autumn 1998. *Deep Sea Research II*. Vol. 51. Págs. 799-816.
- Ainley D.G., Huber H.R. y Bailey K.M. 1982. Population fluctuations of California sea lions and the Pacific whiting fishery off Central California. *Fishery Bulletin*. Vol. 80 (2). Págs. 253-258.
- Allen, S., W. Sydeman, J. Nusbaum y H. Nevins. 1999. ENSO effects on pinnipeds in the Gulf of the Farallones, California. En: 13th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. 28 de noviembre a 3 de diciembre. Wailea, Hawaii.
- Antonelis G.A. y Clifford H.F. 1980. The pinnipeds of the California Current. *CalCOFI Rep.*, Vol. 21.
- Arias-Del Razo A. 2011. Uso de hábitat por cuatro especies de pinnípedos en las islas al occidente de Baja California. Tesis de Maestría. Posgrado en Ecología Marina del Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California México. Págs. 126.
- Arias-Schreiber M.E. y A.J. Halliday. 1999. Effects of the 1997/98 "El Niño" on the abundance and distribution of south American fur seals in Perú. En: 13th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. 28 de noviembre a 3 de diciembre. Wailea, Hawaii.
- Aurioles-Gamboa D. y Zavala-González A. 1994. Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* Vol. 20(4). Págs. 535-553.
- Aurioles-Gamboa D., Sinsel F., Fox C., Alvarado E. y Maravilla O. 1983. Winter Migration of Subadult Male California Sea Lions (*Zalophus californianus*) in the Southern Part of Baja California. *Journal of Mammalogy*, Vol. 64(3). Págs. 513-518.
- Aurioles-Gamboa D. y Sinsel F. 1988. Mortality of California sea lion pups at Los Islotes, Baja California Sur, México. *J. Mammal*. Vol. 69. Págs. 180-183.

- Auriolles-Gamboa D. y B.J. Le Boeuf. 1991. Effects of the El Niño 1982-83 on California sea lions in México. In "Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress" Vol. 88. Págs. 112-118.
- Barocio O.A. 2006. Variabilidad espacial y temporal del coeficiente de absorción y pigmentos del fitoplancton de la Corriente de California. Universidad Autónoma de Baja California FCM-IIO. Tesis de doctorado.
- Barlow J. and Boveng P. 1991. Modeling age specific mortality for marine mammal populations. *Marine Mammal Science* Vol. 7. Págs.50–65.
- Bartholomew G.A. y Boolootian R.A. 1960. Numbers and population structure of the pinnipeds on the California Channel Islands. *Journal of Mammalogy*. Vol. 41(3). Págs. 366-375.
- Bengston J.L., Phillips A.V., Mathews E.A. y Simpkins M. A. 2007. Comparison of survey methods for estimating abundance of harbor seal (*Phoca vitulina*) in Glacial Fjords. *Fishery Bulletin*. Vol. 105. Págs. 348-355.
- Bernal G., Ripa P. y Herguera J.C. 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el Bajo Golfo de California: influencias del Trópico y Pacífico Norte. *Revista de Ciencias Marinas*. Vol. 27(4). Págs. 595-617.
- Berta A. y J.L. Sumich. 1999. *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Academic Press. San Diego, California, USA. Págs. 494.
- Bigg M.A. 1973. Census of California sea lion on southern Vancouver Island, British Columbia. *Journal of Mammalogy*. Vol. 54(1). Págs. 285-287.
- Bonnell M.L. y Ford R.G. 1987. California Sea Lion distribution: A statistical analysis of aerial transect data. *The Journal of Wildlife Management*. Vol. 51. Págs. 13-20.
- Boveng, P. 1988. Status of the California Sea Lion population on the U.S. west coast. Admin. Rep. LJ-88-07. Southwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, La Jolla, CA. Págs. 43.
- Brownell R.L., DeLong R.L., y Schreiber R.W. 1974. Pinniped populations at islas Guadalupe, San Benito, Cedros, and Natividad, Baja California, in 1968. *Journal of Mammalogy* Vol. 55. Págs. 469-472.
- Carretta J.V., Forney A., Marcia M. M., Jay Barlow, J. Baker, Brad Hanson y Mark S. Lowry. 2005. U.S. Pacific Marine Mammal Stock Assessments:

2005. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Memorandum NMFS.
- Castro R. y A. Martínez. 2009. Variabilidad espacial y temporal del campo de viento frente a la península de Baja California. "Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL)". Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California: 1997-2007. CICESE-INE-UABC.
- Crocker D., Costa D., Le Boeuf B., Webb P. y Houser D. 1999. Impact of the 1997-98 El Niño on the foraging behavior of northern elephant seals. En: 13th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. 28 de noviembre a 3 de diciembre. Wailea, Hawaii.
- DeLong R.L., Antonelis G.A., Oliver C.W., Stewart B.S., Lowry M.C. y Yochem P.K. 1991. Effects of the 1982-83 El Niño on several population parameters and diet of California sea lions on the California Channel island, 166-172. En: Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress Vol. 88. Págs. 293.
- Durazo R., Gaxiola G., Lavaniegos B., Castro R., Gómez J. y Mascarenhas A. 2005. Condiciones oceanográficas frente a la costa occidental de Baja California, 2002-2003: Influencia de un niño débil y el incremento de agua subártica. Ciencias Marinas. Vol. 31(3). Págs. 537-552.
- Espinosa-de-los Reyes M.G. 2007. Variabilidad espacial de la dieta del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*, Lesson 1828). Tesis de Maestría. Posgrado en Ecología Marina del Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. Págs. 175.
- ESRI Inc. 2009. ArcGis. Versión 9.3. Disponible en: <http://www.esri.com>
- Fowler M. y Stobo W.T. 2005. Sources of variability in aerial survey counts of harbour seals on haul out sites in the Bay of Fundy. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Science. Págs. 26.
- Francis J.M. y Heath C.B. 1991. Population abundance, pup mortality and copulation frequency in the California sea lion in relation to the 1983 El Niño on San Nicolas Island. En "Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress" Vol. 88. Págs. 119-128.
- Fry Jr., D.H. 1939. A winter influx of sea lions from Lower California. California Fish and Game Bulletin. Vol. 25. Págs. 245-250.

- Gallo-Reynoso J.P. y J.L. Solórzano-Velasco. 1991. Two new sightings of California sea lions on the Southern coast of México. *Marine Mammal Science*. Vol. 7(1). Págs. 96.
- García-Aguilar M.C. y Aurióles-Gamboa D. 2003. Cuidado materno del lobo marino de California en Los Islotes, Golfo de California. *Ciencias Marinas* Vol. 29. Págs. 23-36.
- García-Rodríguez, F.J y D. Aurióles. 2004. Spatial and temporal variation in the diet of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. *Fishery Bulletin*. Vol. 102. Págs. 47-62.
- Gonzalez-Suarez M., McCluney K.E., Aurióles D. y Gerber L.R. 2006. Incorporating uncertainty in spatial structure for viability predictions: a case study of California sea lions (*Zalophus californianus californianus*). *Animal Conservation*. Vol. 9(2). Págs. 219-227.
- González-Suárez M. y Gerber L.R. 2008. Habitat preferences of California sea lions: implications for conservation. *Journal of Mammalogy*, Vol. 89(6). Págs. 1521-1528.
- Gutiérrez-García D. 2009. Selección y uso de Hábitat por los Otáridos de las islas San Benito, México en Temporada reproductiva. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Tesis de Maestría.
- Hancock D. 1970. California sea lion as a regular visitant off the British Columbia Coast. *Journal of Mammalogy*. Vol. 51(3). Págs. 614.
- Heath C.B. y Francis J.M. 1983. California sea lion population dynamics and feeding ecology with applications for management. Results of 1981-1982. Research on Santa Barbara and San Nicolas Islands. Report. January 1983.
- Heath C.B. 2002. California, Galapagos, and Japanese sea lions (*Zalophus californianus*, *Z. wollebaeki*, and *Z. japonicus*). Pages 180-186 in Perrin, W.F., Würsig, B. y Thewissen, J.G.M. (Eds) *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Hernández-Camacho C.J. 2001. Tabla de vida del lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* en la lopera Los Islotes, B.C.S. Mexico. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas–Instituto Politécnico Nacional. Tesis de Maestría.

- Hernández-de-la-Torre B., Gaxiola-Castro G. y Nájera-Martínez S. 2004. Efectos del ENSO en la producción primaria frente a Baja California. *Revista de Ciencias Marinas*. Vol. 30(3). Págs. 427-441.
- Huber H.R. 1991. Changes in the distribution of California sea lions north of the breeding rookeries during the 1982-83 El Niño. En: "Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress" Vol. 88. Págs. 129-137.
- Jouventin, P. y A. Cornet. 1980. The sociobiology of pinnipeds. *Advances in Study of Behavior* Vol. 2. Págs. 121-141.
- Le Boeuf B.L., Aurioles D., Condit R., Fox C., Gisiner R., Romero R. y Sinsel F. 1983. Size and distribution of the California sea lion population in Mexico. *Proceeding of California Academy of Sciences* Vol. 43. Págs. 77-85.
- Lessells, C.M. y Boag P.T. 1987. Unrepeatable repeatabilities: A common mistake. *The Auk*. Vol. 104. Págs. 116-121.
- León-Barocio O.A., Millán-Núñez R., Santamaría-del-Ángel E. y González-Silvera A. 2007. Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica del sistema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. *Ciencias Marinas*, Vol. 33(1). Págs. 59-72.
- Lowry M.S., C.W. Oliver y J.B. Wexler. 1986. The food habits of California sea lions at San Clemente Island, California: April 1983 through September 1985. Southwest Fisheries Center. National Marine Fisheries Service. Administrative Report LJ-86-33. La Jolla, California. Págs. 33.
- Lowry M.S., Carretta J.V. y Forney K.A. 2005. Pacific harbor seal *Phoca vitulina richardii*, census in California during May-June 2004. Southwest Fisheries Science Center. Administrative Report LJ-05-06. Págs. 38.
- Lowry M.S. 1999. Counts of California Sea Lion (*Zalophus californianus*) pups from aerial color photographs and from the ground: a comparison of two methods. *Marine Mammal Science*, Vol. 15(1). Págs. 143-158.
- Lowry M.S. y Forney K.A. 2005. Abundance and distribution of California sea lions (*Zalophus californianus*) in central and northern California during 1998 and summer 1999. *Fish Bulletin*. Vol. 103. Págs. 331-343
- Lowry M.S. y Maravilla-Chavez, O. 2005. Recent abundance of California sea lions in western Baja California, Mexico and the United States. *Proceedings of 6th. California Island Symposium, CA*. Págs. 485-497.

- Lynn R.J. y Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 92(C12). Págs. 12,947-12,966.
- Maravilla-Chávez O. y Lowry M.S. 1996. Censos de pinnípedos en islas de la costa occidental de la península de Baja California, México (julio/agosto,1992). *Ciencia Pesquera* No. 13.
- Media Cybernetics Inc. 2006. Image-Pro Plus. Versión 6.0.0.260. Disponible en: <http://www.mediacy.com/index.aspx?page=IPP>
- Microsoft Corp. 2007. Microsoft Office. Versión 2007. Disponible en: <http://www.microsoft.com/latam/office>
- Melin S. y DeLong R. 1999. Seasonal foraging behavior of lactating California sea lions from San Miguel island, California. NOAA National Marine Fisheries Service.
- Melin S.R., DeLong R. y James T. 2000. Attendance patterns of California sea lion *Zalophus californianus* females and pups during the non-breeding season at San Miguel island. *Marine Mammal Science*. Vol. 16(1). Págs. 169-185.
- Melin S.R. 2002. The foraging ecology and reproduction of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*). Tesis de doctorado. Universidad de Minnesota, Minneapolis, MN. Págs. 150.
- Morales-Vela B. y Aguayo-Lobo A. 1992. Nacimientos y modelos de crecimiento de las crías de lobo marino y su aplicación en el manejo de este recurso. *Ciencias Marinas*. Vol. 18. Págs. 109–123.
- Morris P.A., Oliver G.W., Elliott J., Melin S.R. y DeLong R.L. 1999. El niño 1998 and changes in California sea lion, *Zalophus californianus*, use of Año Nuevo island. En: 13th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.
- Odell D.K. 1975. Breeding biology of the California sea lion, *Zalophus californianus*. *Rapp. P.v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* Vol. 169. Págs. 374-378.
- PASW Statistics 17.0. Programa SPSS versión 17.0. 2009.
- Payne P. y Seltzer L. 1989. The distribution, abundance and selected prey of the harbor seal, *Phoca vitulina concolor*, in southern New England. *Marine Mammal Science*. Vol.5(2). Págs. 173-192

- Perrin W.F., Würsig B. y Thewissen J.G.M. 2002. Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. Págs. 1,414.
- Peterson R.S. y Bartholomew G.A. 1967. The natural history and behavior of the California sea lion. Special Publication 1, The American Society of Mammalogists.
- Philander G.S. 1990. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation. Academic Press, Inc. San Diego, California. Págs. 295.
- Pretek Inc. 2009. RoboGEO. Versión 5.7. Disponible en: <http://www.robogeo.com>
- Reeves R.R., Stewart B.S., Clapham P.J. y Powell J.A. 2002. National Audubon Society Guide to Marine Mammals of the World. Chanticleer Press, New York, New York, USA.
- SEMARNAT. 2005. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera, la zona marina y terrestre que incluye a la Isla Guadalupe, de jurisdicción federal, así como a las demás superficies emergidas que se encuentran dentro de la misma, localizada en el Océano Pacífico, frente a la costa de la Península de Baja California, con una superficie total de 476,971-20-15.79 hectáreas. Diario Oficial de la Federación, 25 abril.
- SEMARNAT. 2005a. Aviso mediante el cual se informa al público en general que están a su disposición los estudios realizados para justificar la expedición del Decreto por el que se pretende establecer como área natural protegida con el carácter de Área de Reserva de la Biosfera, la región conocida como Islas del Pacífico de Baja California, localizada en el Océano Pacífico, frente a las costas de la Península de Baja California. Diario Oficial de la Federación, 3 junio.
- Sullivan, R.M. 1980. Seasonal occurrence and haul-out use in Pinnipeds along Humboldt County, California. Journal of Mammalogy. Vol. 61(4). Págs 754-760.
- Szteren D., Auriolos D. y Gerber L.R. 2006. Population Status and Trends of the California Sea Lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. Sea Lions of the World Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-06-01. Págs. 17.

- Tabaware Software. 2009. PTAssembler. Versión 5.0. Disponible en: <http://www.tawbaware.com/ptasmbler.htm>
- Thompson P.M. y Harwood J. 1990. Methods for estimating the population size of common seals, *Phoca vitulina*. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 27(3). Págs. 924-938.
- Trillmich F., Ono K.A., Costa D.P., DeLong R. L., Feldkamp S. D., Francis J. M., Gentry R. L., Heath C. B., Le Boeuf B. J., Majluf P. y York A. E. 1991. The effects of El Niño on pinniped populations in the eastern Pacific. En: *Pinnipeds and El Niño: responses to environmental stress*. Págs. 247–260.
- Twiss S.D., Caudron A., Pomeroy P.P., Thomas C.J., y Mills J. P. 2000. Finescale topographical correlates of behavioural investment in offspring by female grey seals, *Halichoerus grypus*. *Animal Behaviour* Vol. 59. Págs. 327–338.
- Urbán-Ramírez, J. y Guerrero M. 2002. *Zalophus californianus*. Conocimiento biológico de las especies de mamíferos marinos (Cetáceos, Sirenios y Carnívoros), incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W038. México. D.F.
- Weaver A. 2005. Good natured statistics. In: *everyday language with animal behaviour*. Bookman Publishing y Marketing. Págs. 343.
- Wright B.E., Mathew J.T. y Robin F.B. 2010. Movements of male California Sea Lions Captured in the Columbia River. *Northwest Science*. Vol. 84(1). Págs. 13.
- Wolf J.B.W., Kauermann G. y Trillmich F. 2005. Males in the shade: habitat use and sexual segregation in the Galápagos sea lion (*Zalophus californianus wollebaeki*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. Vol. 59. Págs. 293–302.

ANEXOS

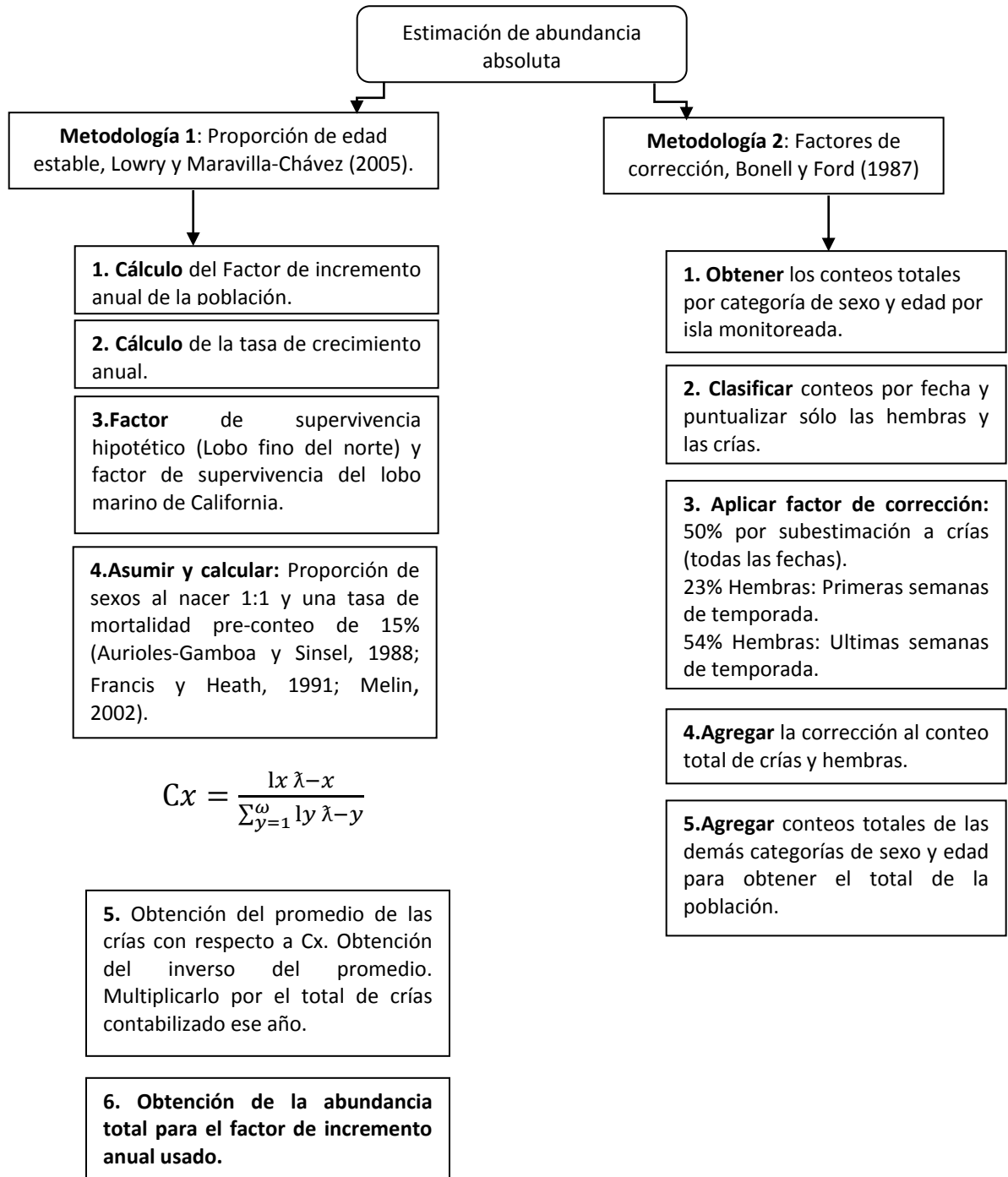
ANEXO I

Factor de supervivencia hipotético del lobo fino del Norte, *Callorhinus ursinus*, para hembras y machos.

Clases de edad (años)	lx Hembras	lx Machos
1	1	1
2	0.702	0.643
3	0.534	0.468
4	0.431	0.371
5	0.365	0.314
6	0.32	0.277
7	0.289	0.252
8	0.266	0.234
9	0.248	0.22
10	0.235	0.207
11	0.223	0.195
12	0.213	0.183
13	0.204	0.167
14	0.195	0.148
15	0.185	0.125
16	0.174	0.097
17	0.161	0.067
18	0.145	0.038
19	0.145	0.017
20	0.107	
21	0.084	
22	0.06	
23	0.038	
24	0.021	

ANEXO II

Diagrama de flujo que muestra de manera resumida la metodología empleada para la estimación de abundancia del lobo marino de California con base en los dos estimadores elegidos en este estudio.



ANEXO III

Tablas para la estimación de abundancia del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, con base en la metodología utilizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), usando la tabla de vida propuesta por Hernández-Camacho (2001) y una tasa de crecimiento anual de 0.4%.

HEMBRAS					PORCENTAJE DE HEMBRAS
CLASES DE EDAD	l_x	$\lambda-x$	$l_x*\lambda-x$	C_x	
0	1	1	1	0.10665885	10.6658855
1	0.797	0.99601594	0.7938247	0.08466843	8.46684333
2	0.68	0.99204775	0.67459247	0.07195126	7.19512598
3	0.574	0.98809536	0.56716674	0.06049335	6.04933547
4	0.542	1.01609626	0.55072417	0.05873961	5.87396092
5	0.489	1.02016064	0.49885855	0.05320768	5.32076819
6	0.489	1.02424128	0.50085399	0.05342051	5.34205126
7	0.478	1.02833825	0.49154568	0.0524277	5.24276995
8	0.468	1.0324516	0.48318735	0.05153621	5.15362092
9	0.468	1.03658141	0.4851201	0.05174235	5.17423541
10	0.468	1.04072773	0.48706058	0.05194932	5.19493235
11	0.448	1.04489064	0.46811101	0.04992818	4.9928184
12	0.436	1.04907021	0.45739461	0.04878519	4.87851852
13	0.404	1.05326649	0.42551966	0.04538544	4.53854397
14	0.383	1.05747955	0.40501467	0.0431984	4.31984007
15	0.361	1.06170947	0.38327712	0.0408799	4.08798985
16	0.308	1.06595631	0.32831454	0.03501765	3.50176532
17	0.223	1.07022014	0.23865909	0.02545511	2.54551052
18	0.127	1.07450102	0.13646163	0.01455484	1.4554841
19	0	1.07879902	0	0	0

MACHOS					PORCENTAJE DE MACHOS
CLASES DE EDAD	l_x	$\lambda-x$	$l_x*\lambda-x$	C_x	
0	1	1	1	0.19145634	19.145634
1	0.614	0.99601594	0.61155378	0.11708585	11.708585
2	0.479	0.99204775	0.47519087	0.0909783	9.0978305
3	0.416	0.98809536	0.41104767	0.07869768	7.86976829
4	0.364	0.98415873	0.35823378	0.06858613	6.8586128
5	0.343	0.98023778	0.33622156	0.06437175	6.4371749
6	0.322	0.97633245	0.31437905	0.06018986	6.01898621
7	0.302	0.97244268	0.29367769	0.05622646	5.62264555
8	0.27	0.9685684	0.26151347	0.05006841	5.00684117
9	0.239	0.96470957	0.23056559	0.04414324	4.41432433
10	0.229	0.9608661	0.22003834	0.04212773	4.21277348
11	0.197	0.95703795	0.18853648	0.0360965	3.60965037
12	0.177	0.95322505	0.16872083	0.03230267	3.23026734
13	0.125	0.94942734	0.11867842	0.02272174	2.27217355
14	0.104	0.94564476	0.09834706	0.01882917	1.88291673
15	0.104	0.94187725	0.09795523	0.01875415	1.87541507
16	0.041	0.93812475	0.03846311	0.00736401	0.73640072
17	0	0.9343872	0	0	0

Porcentaje promedio según las diferentes clases de edad del lobo marino de California, *Zalophus californianus*. A partir del porcentaje de la edad cero (recién nacidos) se calculó el inverso proporcional por el cual se multiplicaría el conteo (corregido al 15%) del total de crías para el 2010.

CLASES DE EDAD	PORCENTAJE PROMEDIO DE CRÍAS AMBOS SEXOS
0	14.90575975
1	10.08771415
2	8.146478237
3	6.959551879
4	6.366286862
5	5.878971546
6	5.680518735
7	5.43270775
8	5.080231049
9	4.794279871
10	4.703852914
11	4.301234387
12	4.05439293
13	3.405358757
14	3.101378398
15	2.98170246
16	2.119083018
17	1.27275526

Cálculo de la abundancia según la metodología utilizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005) y la tabla de vida para el lobo marino de California propuesta por Hernández-Camacho (2001).

INVERSO DEL PORCENTAJE DE CRÍAS	6.7088
NO. DE CRÍAS CORREGIDAS	8,121
TOTAL ESTIMADO DE LA POBLACIÓN	54,482

Tablas para la estimación de abundancia del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, con base en la metodología utilizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), usando la tabla de vida propuesta por Hernández-Camacho (2001) y una tasa de crecimiento anual de 0.6%.

HEMBRAS					PORCENTAJE DE HEMBRAS
CLASES DE EDAD	l_x	$\lambda-x$	$l_x*\lambda-x$	C_x	
0	1	1	1	0.11403865	11.4038653
1	0.797	0.99403579	0.79224652	0.09034673	9.03467258
2	0.68	0.98810714	0.67191286	0.07662404	7.66240369
3	0.574	0.98221386	0.56379076	0.06429394	6.42939381
4	0.542	0.97635572	0.5291848	0.06034752	6.03475219
5	0.489	0.97053253	0.47459041	0.05412165	5.41216506
6	0.489	0.96474407	0.47175985	0.05379886	5.37988574
7	0.478	0.95899012	0.45839728	0.05227501	5.22750081
8	0.468	0.9532705	0.44613059	0.05087613	5.08761319
9	0.468	0.94758499	0.44346978	0.0505727	5.05726957
10	0.468	0.94193339	0.44082483	0.05027107	5.02710693
11	0.448	0.9363155	0.41946934	0.04783572	4.78357187
12	0.436	0.93073111	0.40579876	0.04627674	4.62767444
13	0.404	0.92518003	0.37377273	0.04262454	4.26245388
14	0.383	0.91966206	0.35223057	0.0401679	4.01678995
15	0.361	0.914177	0.3300179	0.0376348	3.76347962
16	0.308	0.90872465	0.27988719	0.03191796	3.19179583
17	0.223	0.90330482	0.20143697	0.0229716	2.29716012
18	0.127	0.89791732	0.1140355	0.01300445	1.30044547
19	0	0.89256194	0	0	0

MACHOS					PORCENTAJE DE MACHOS
CLASES DE EDAD	l_x	$\lambda-x$	$l_x*\lambda-x$	C_x	
0	1	1	1	0.19330516	19.330516
1	0.614	0.99403579	0.61033797	0.11798148	11.798148
2	0.479	0.98810714	0.47330332	0.09149197	9.14919744
3	0.416	0.98221386	0.40860097	0.07898468	7.89846752
4	0.364	0.97635572	0.35539348	0.06869939	6.86993944
5	0.343	0.97053253	0.33289266	0.06434987	6.43498686
6	0.322	0.96474407	0.31064759	0.06004978	6.0049782
7	0.302	0.95899012	0.28961502	0.05598408	5.59840774
8	0.27	0.9532705	0.25738304	0.04975347	4.97534689
9	0.239	0.94758499	0.22647281	0.04377836	4.37783634
10	0.229	0.94193339	0.21570275	0.04169645	4.1696454
11	0.197	0.9363155	0.18445415	0.03565594	3.56559397
12	0.177	0.93073111	0.16473941	0.03184498	3.18449774
13	0.125	0.92518003	0.1156475	0.02235526	2.23552593
14	0.104	0.91966206	0.09564485	0.01848864	1.84886439
15	0.104	0.914177	0.09507441	0.01837837	1.83783736
16	0.041	0.90872465	0.03725771	0.00720211	0.72021077
17	0	0.90330482	0	0	0

Porcentaje promedio según las diferentes clases de edad del lobo marino de California, *Zalophus californianus*. A partir del porcentaje de la edad cero (recién nacidos) se calculó el inverso proporcional por el cual se multiplicaría el conteo (corregido al 15%) del total de crías para el 2010.

CLASES DE EDAD	PORCENTAJE PROMEDIO DE CRÍAS AMBOS SEXOS
0	15.36719065
1	10.41641027
2	8.405800564
3	7.163930662
4	6.452345815
5	5.923575957
6	5.692431972
7	5.412954278
8	5.031480043
9	4.717552959
10	4.598376167
11	4.174582919
12	3.90608609
13	3.248989906
14	2.932827166
15	2.800658491
16	1.956003299
17	1.14858006

Cálculo de la abundancia según la metodología utilizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005), usando la tabla de vida propuesta por Hernández-Camacho (2001).

INVERSO DEL PORCENTAJE DE CRÍAS	6.5074
NO. DE CRÍAS CORREGIDAS	8,121
TOTAL ESTIMADO DE LA POBLACIÓN	52,846

ANEXO IV

Tabla de estimación de abundancia utilizando factores de corrección considerando la subestimación del 50% de crías (Bonell y Ford, 1987); dos factores de corrección para las hembras el 23% y 54%; el primer factor se aplica para las primeras semanas de la época de crías y el segundo para las últimas semanas (Bonell y Ford, 1987).

Isla	Fecha	Macho Adulto	Macho Subadulto	Hembra	Joven	Cría	Misceláneo	TOTAL
Asunción	05/09/2010	57	113.5	874.5	38.5	585.5	516.5	2,185.5
Cedros	10-11/08/2010	497.5	677.25	5,085.25	682	3875	2,155.25	12,972.25
Coronados	14/09/2010	20	28.5	276	27	69	298.5	719
Guadalupe	17/07/2010	19	0	156.5	2.5	58	6.5	242.5
Natividad	09/08/2010	82.5	30	678	12	224.5	148.5	1,175.5
San Benito	6-9/08/10	219.5	29.5	2,454.5	7.5	2,233.5	285	5,229.5
San Jerónimo	03/09/2010	93	29.5	480	40.5	7.5	720	1,370.5
San Martin	02/09/2010	48	7.5	88.5	1	7.5	107	259.5
Todos Santos	19/08/2010	166.5	121	47.5	20	1	92.5	448.5
TOTAL		1,203	1,036.75	10,140.75	831	7,061.5	4,329.75	24,602.75
TOTALES CORREGIDOS		1,203	1,037	15,454	831	10,592	4,330	33,447

ANEXO V

Tabla para la estimación de abundancia usando la tabla de vida para el lobo marino de California escalada con datos de supervivencia del lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*) con la tasa de crecimiento anual de 0.4%.

HEMBRAS					PORCENTAJE DE HEMBRAS
CLASES DE EDAD	l_x	λ^{-x}	$l_x * \lambda^{-x}$	C_x	
1	1	0.99601594	0.99601594	0.16226902	16.2269021
2	0.702	0.99204775	0.69641752	0.11345902	11.3459017
3	0.534	0.98809536	0.52764292	0.08596258	8.5962581
4	0.431	0.98415873	0.42417241	0.06910536	6.91053621
5	0.365	0.98023778	0.35778679	0.05828994	5.82899427
6	0.32	0.97633245	0.31242638	0.05089991	5.08999118
7	0.289	0.97244268	0.28103593	0.04578584	4.57858395
8	0.266	0.9685684	0.2576392	0.04197409	4.19740874
9	0.248	0.96470957	0.23924797	0.03897782	3.89778243
10	0.235	0.9608661	0.22580353	0.03678748	3.6787482
11	0.223	0.95703795	0.21341946	0.03476989	3.47698927
12	0.213	0.95322505	0.20303694	0.03307839	3.30783911
13	0.204	0.94942734	0.19368318	0.03155449	3.15544946
14	0.195	0.94564476	0.18440073	0.03004222	3.00422157
15	0.185	0.94187725	0.17424729	0.02838804	2.83880371
16	0.174	0.93812475	0.16323371	0.02659372	2.65937249
17	0.161	0.9343872	0.15043634	0.0245088	2.45088022
18	0.145	0.93066455	0.13494636	0.0219852	2.1985204
19	0.127	0.92695672	0.1177235	0.01917929	1.91792891
20	0.107	0.92326366	0.09878921	0.01609455	1.60945504
21	0.084	0.91958532	0.07724517	0.01258464	1.25846356
22	0.06	0.91592164	0.0549553	0.00895321	0.89532126
23	0.038	0.91227255	0.03466636	0.00564778	0.56477769
24	0.021	0.90863799	0.0190814	0.00310871	0.3108705

MACHOS					PORCENTAJE DE MACHOS
CLASES DE EDAD	l_x	$\lambda-x$	$l_x*\lambda-x$	C_x	
1	1	0.99601594	0.99601594	0.20307951	20.307951
2	0.643	0.99204775	0.6378867	0.13005989	13.0059886
3	0.468	0.98809536	0.46242863	0.09428542	9.42854189
4	0.371	0.98415873	0.36512289	0.07444557	7.44455733
5	0.314	0.98023778	0.30779466	0.06275682	6.27568164
6	0.277	0.97633245	0.27044409	0.05514134	5.51413396
7	0.252	0.97244268	0.24505555	0.04996483	4.99648251
8	0.234	0.9685684	0.22664501	0.04621106	4.62110647
9	0.22	0.96470957	0.2122361	0.04327321	4.32732074
10	0.207	0.9608661	0.19889928	0.04055394	4.05539384
11	0.195	0.95703795	0.1866224	0.03805078	3.80507824
12	0.183	0.95322505	0.17444018	0.03556693	3.5566928
13	0.167	0.94942734	0.15855437	0.03232794	3.23279395
14	0.148	0.94564476	0.13995542	0.02853577	2.85357674
15	0.125	0.94187725	0.11773466	0.02400513	2.40051344
16	0.097	0.93812475	0.0909981	0.01855377	1.85537692
17	0.067	0.9343872	0.06260394	0.01276443	1.27644323
18	0.038	0.93066455	0.03536525	0.00721069	0.7210686
19	0.017	0.92695672	0.01575826	0.00321298	0.32129813

Porcentaje promedio según las diferentes clases de edad del lobo marino de California, *Zalophus californianus*. A partir del porcentaje de la edad cero (recién nacidos) se calculó el inverso proporcional por el cual se multiplicaría el conteo (corregido al 15%) del total de crías para el 2010.

CLASES DE EDAD	PORCENTAJE PROMEDIO DE CRÍAS AMBOS SEXOS
1	18.26742655
2	12.1759451
3	9.012399995
4	7.177546769
5	6.052337957
6	5.302062567
7	4.787533227
8	4.409257606
9	4.112551583
10	3.867071021
11	3.641033752
12	3.432265957
13	3.194121707
14	2.928899155
15	2.619658574
16	2.257374703
17	1.863661725
18	1.459794502
19	1.11961352

Cálculo de la abundancia según la metodología utilizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005) y un factor de crecimiento anual de 0.4%.

INVERSO DEL PORCENTAJE DE CRÍAS	5.474
NO. DE CRÍAS CORREGIDAS	8,121
TOTAL ESTIMADO DE LA POBLACIÓN	44,449.7

Tabla para la estimación de abundancia usando la tabla de vida para el lobo marino de California escalada con datos de supervivencia del lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*) con la tasa de crecimiento anual de 0.6%.

HEMBRAS					PORCENTAJE DE HEMBRAS
CLASES DE EDAD	l_x	$\lambda-x$	$l_x*\lambda-x$	C_x	
1	1	0.99403579	0.99403579	0.16437674	16.4376744
2	0.702	0.98810714	0.69365121	0.11470425	11.4704249
3	0.534	0.98221386	0.5245022	0.08673326	8.67332596
4	0.431	0.97635572	0.42080932	0.06958629	6.95862929
5	0.365	0.97053253	0.35424437	0.05857891	5.85789138
6	0.32	0.96474407	0.3087181	0.05105055	5.1050526
7	0.289	0.95899012	0.27714815	0.04583005	4.583005
8	0.266	0.9532705	0.25356995	0.04193109	4.19310893
9	0.248	0.94758499	0.23500108	0.03886048	3.88604842
10	0.235	0.94193339	0.22135435	0.03660382	3.66038198
11	0.223	0.9363155	0.20879836	0.03452752	3.45275234
12	0.213	0.93073111	0.19824573	0.03278251	3.27825089
13	0.204	0.92518003	0.18873673	0.03121007	3.12100721
14	0.195	0.91966206	0.1793341	0.02965523	2.96552258
15	0.185	0.914177	0.16912274	0.02796665	2.79666451
16	0.174	0.90872465	0.15811809	0.02614688	2.61468822
17	0.161	0.90330482	0.14543208	0.02404909	2.4049085
18	0.145	0.89791732	0.13019801	0.02152993	2.15299342
19	0.127	0.89256194	0.11335537	0.01874478	1.8744784
20	0.107	0.88723851	0.09493452	0.01569866	1.56986576
21	0.084	0.88194683	0.07408353	0.01225068	1.22506757
22	0.06	0.87668671	0.0526012	0.00869829	0.86982929
23	0.038	0.87145796	0.0331154	0.00547606	0.54760625
24	0.021	0.8662604	0.01819147	0.0030082	0.30081959

MACHOS					PORCENTAJE DE MACHOS
CLASES DE EDAD	l_x	$\lambda-x$	$l_x*\lambda-x$	C_x	
1	1	0.99403579	0.99403579	0.20507387	20.507387
2	0.643	0.98810714	0.63535289	0.13107604	13.1076042
3	0.468	0.98221386	0.45967609	0.09483316	9.48331594
4	0.371	0.97635572	0.36222797	0.07472919	7.47291935
5	0.314	0.97053253	0.30474721	0.06287066	6.28706649
6	0.277	0.96474407	0.26723411	0.05513155	5.51315488
7	0.252	0.95899012	0.24166551	0.04985664	4.98566374
8	0.234	0.9532705	0.2230653	0.04601933	4.6019333
9	0.22	0.94758499	0.2084687	0.04300799	4.30079917
10	0.207	0.94193339	0.19498021	0.04022526	4.02252588
11	0.195	0.9363155	0.18258152	0.03766736	3.76673556
12	0.183	0.93073111	0.17032379	0.03513853	3.51385333
13	0.167	0.92518003	0.15450507	0.03187506	3.18750614
14	0.148	0.91966206	0.13610998	0.02808008	2.8080077
15	0.125	0.914177	0.11427212	0.02357483	2.35748322
16	0.097	0.90872465	0.08814629	0.01818496	1.81849601
17	0.067	0.90330482	0.06052142	0.01248583	1.24858306
18	0.038	0.89791732	0.03412086	0.00703928	0.70392802
19	0.017	0.89256194	0.01517355	0.00313037	99.6869631

Porcentaje promedio según las diferentes clases de edad del lobo marino de California, *Zalophus californianus*. A partir del porcentaje de la edad cero (recién nacidos) se calculó el inverso proporcional por el cual se multiplicaría el conteo (corregido al 15%) del total de crías para el 2010.

CLASES DE EDAD	PORCENTAJE PROMEDIO DE CRÍAS AMBOS SEXOS
1	18.4725307
2	12.28901455
3	9.078320952
4	7.215774322
5	6.072478933
6	5.309105071
7	4.784334373
8	4.397521116
9	4.093423795
10	3.84145393
11	3.609743952
12	3.396052111
13	3.154256675
14	2.886765137
15	2.577073867
16	2.216592113
17	1.826745781
18	1.42846072
19	1.093757674

Cálculo de la abundancia según la metodología utilizada por Lowry y Maravilla-Chávez (2005) y un factor de crecimiento anual de 0.6%.

INVERSO DEL PORCENTAJE DE CRÍAS	5.413
NO. DE CRÍAS CORREGIDAS	8,121
TOTAL ESTIMADO DE LA POBLACIÓN	43,959