



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Influencia de la variabilidad ambiental en los parámetros
poblacionales y de salud de las crías de lobo marino de
California en México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Bióloga

P R E S E N T A:

Diana Elizabeth Gallegos Díaz



**DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. Lili Pelayo González**

**Ciudad Universitaria, CD. MX.
(2024)**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

Gallegos

Díaz

Diana Elizabeth

5537335191

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

314394629

2. Datos del tutor

M. en C.

Lili

Pelayo

González

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Claudia Janetl

Hernández

Camacho

4. Datos del sinodal 2

Dra.

Elsa

Arellano

Torres

5. Datos del sinodal 3

Dr.

Alejandro

Estradas

Romero

6. Datos del sinodal 4

Dr.

Erik

Coria

Monter

7. Datos del trabajo escrito

Influencia de la variabilidad ambiental en los parámetros poblacionales y de salud de las crías de lobo marino de California en México

60 p

2024

Agradecimientos

A mi directora de tesis la M. en C. Lili Pelayo González por todo el acompañamiento durante la realización de este trabajo, por enseñarme a ser mejor científica y por las oportunidades brindadas para seguir aprendiendo y creciendo.

A la Dra. Claudia J. Hernández Camacho por apoyar este proyecto y enriquecerlo con su asesoría, al igual que por sus enseñanzas y trato cálido.

Al Laboratorio de Ecología de Pinnípedos ‘Burney J. Le Boeuf,’ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Por proporcionar los datos para realizar esta tesis, permisos de investigación y asesoría durante la investigación. Así como a sus miembros por todo el apoyo en campo y la voluntad de compartir el conocimiento.

A los miembros de mi jurado por enriquecer este trabajo con sus comentarios y a mí como profesionalista brindándome nuevas perspectivas.

A mis padres y hermana por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda la vida. Por acompañarme y echarme porras durante todos estos meses, y por el amor que me sirvió de motor y paracaídas durante toda la carrera.

A mi soulmate Maxito por la compañía durante tantas horas de escribir.

A mis amigas y amigos de quienes me inspiro para entregar lo mejor de mí en lo que me apasiona.

A todas las mujeres que hacen ciencia a contracorriente por ser una inspiración permanente

A quienes luchan por la vida desde sus trincheras diarias por señalar lo verdaderamente importante.

Índice

Índice	1
Índice de figuras	2
Índice de tablas	5
Resumen	6
1. Introducción	7
1.1 Antecedentes	11
1.2 Justificación	12
1.3 Hipótesis	12
1.4 Objetivos	
General	13
Particulares	13
2. Área de estudio	14
3. Materiales y método	
3.1 Conteos poblacionales y toma de medidas morfométricas	16
3.2 Agrupación de colonias	17
3.3 Análisis poblacional	18
3.4 Análisis de condición corporal de las crías	19
3.5 Análisis de variables ambientales	20
3.6 Pruebas estadísticas	21
4. Resultados	
4.1 Análisis de parámetros poblacionales	22
4.2 Análisis de salud de las crías	23
4.3 Análisis de variables ambientales	31
4.4 Análisis estadísticos	35
5. Discusión	37
6. Conclusiones	42
7. Recomendaciones	43
8. Bibliografía	44

Índice de figuras

Figura 1. Colonias reproductivas de lobo marino de California en México: 1. Rocas Consag, 2. Lobos, 3. San Jorge, 4. Granito, 5. Los Cantiles, 6. Los Machos, 7. El Partido, 8. El Rasito, 9. San Esteban, 10. San Pedro Mártir, 11. San Pedro Nolasco, 12. Farallón de San Ignacio, 13. Los Islotes, I. Coronado, II. San Jerónimo, III. San Benito, IV. Cedros, V. Natividad, VI. Asunción, VII. Isla Santa Margarita. Colonias de la costa del Pacífico de Baja California (rosa), Golfo de California; región norte (naranja), centro (verde), sur (amarillo).

Figura 2. a. Colonias de estudio: Isla Santa Margarita (Pacífico de Baja California) y Región Centro (Golfo de California). Área considerada para análisis ambiental (60km de radio; círculos verdes) b. Colonias reproductivas consideradas como Región Centro. **c.** Complejo Lagunar Bahía Magdalena-Almejas. Regiones del Golfo de California de acuerdo con sus características oceanográficas: I norte, II centro, III sur (Lavín y Marinone, 2003).

Figura 3. Manejo de crías de lobo marino de California para la toma de medidas morfométricas.

Figura 4. Abundancia histórica en Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados) durante 1979-2023.

Figura 5. Número de nacimientos históricos en Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados) durante 1979-2023.

Figura 6. Anomalías en la abundancia histórica de lobo marino de California.

Figura 7. Anomalías del número de nacimientos históricos de lobo marino de California.

Figura 8. Distribución de los pesos de las crías de lobo marino de California.

Figura 9. Condición corporal de las crías de acuerdo con factor de condición de Fulton.

Figura 10. Condición corporal de las crías de acuerdo con el índice de condición corporal de Trites y Jonker (ICC).

Figura 11. Anomalías en los pesos anuales de las crías de lobo marino de California.
*El año 2013 en Isla Santa Margarita obtuvo una anomalía positiva de 1.7×10^{-8}

Figura 12. Anomalías en la condición corporal de las crías de lobo marino de California de acuerdo con el factor de condición de Fulton.

Figura 13. Anomalías en la condición corporal de las crías de lobo marino de California de acuerdo con el índice de condición corporal de Trites y Jonker (ICC).

Figura 14. Promedios anuales de concentración de clorofila-*a* (Clo-*a*) durante el periodo 1999-2023 para Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados).

Figura 15. Promedios anuales de producción primaria neta (PPN) durante el periodo 1999-2020 para Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados).

Figura 16. Promedios anuales de temperatura de la superficie del mar (TSM) durante el periodo 1983-2022 para Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados).

Figura 17. Anomalías de concentración de clorofila-*a* (Clo-*a*).

Figura 18. Anomalías de producción primaria neta (PPN).

Figura 19. Anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM).

Figura 20. Promedios del Índice Multivariado de El Niño-Oscilación del Sur (MEI v.2).

Índice de tablas

Tabla 1. Tamaño de muestra de crías de lobo marino de California por colonia para obtención de medidas morfométricas.

Tabla 2. Valores de p obtenidos en la prueba Wilcoxon-Mann-Whitney para los parámetros de condición corporal de ambas regiones. En negritas se observan los valores p menores al valor de significancia (0.05).

Tabla 3. Valores p obtenidos en la prueba Wilcoxon-Mann-Whitney para los parámetros de condición corporal entre regiones. En negritas se observan los valores p menores al valor de significancia ($p < 0.05$).

Tabla 4. Correlación entre parámetros poblacionales y ambientales para ambas regiones. Los valores de las anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM) y producción primaria neta (PPN) sus valores son iguales a los mostrados abajo para los promedios.

Tabla 5. Correlación entre parámetros poblacionales y de condición corporal. Los valores de las anomalías de ambas variables son iguales a los mostrados abajo para los promedios.

Resumen

El lobo marino de California (LMC, *Zalophus californianus*) es una especie sensible a los cambios en el ambiente. La abundancia, el número de nacimientos y la condición corporal de las crías de LMC han disminuido en México y Estados Unidos resultado de cambios en la disponibilidad de las presas durante fenómenos climáticos como El Niño y aumentos en la temperatura de la superficie del mar. El objetivo del presente trabajo fue analizar la influencia del ambiente en los parámetros poblacionales y de salud de las crías de LMC en dos regiones reproductivas en disminución. Se analizó la relación entre los promedios y anomalías de los parámetros poblacionales (abundancia y número nacimientos), de condición corporal (peso, factor de condición de Fulton e índice de condición corporal de Trites y Jonker) y ambientales (concentración de clorofila-*a*, producción primaria neta, temperatura de la superficie del mar e Índice Multivariado de El Niño-Oscilación del Sur, MEI) en Isla Santa Margarita (SM; Pacífico de Baja California) y Región Centro (RC; golfo de California) de 1981-2023 a través de correlaciones. La temperatura de la superficie del mar se relacionó inversamente con los parámetros poblacionales en RC. Por otro lado, se encontraron relaciones positivas entre el número de nacimientos y el MEI y la abundancia y producción primaria neta tanto en SM como en RC. Los parámetros ambientales y de salud no se relacionaron. Sin embargo, durante los eventos de calentamiento marino los parámetros de condición corporal disminuyeron en ambas regiones. El peso fue el indicador de salud más sensible a cambios en el ambiente al igual que el número de nacimientos. El cambio en la distribución de presas del LMC durante anomalías ambientales afecta el estado nutrición al de las hembras gestantes y lactantes y por ende la condición corporal de las crías. Es por ello que, en zonas de constante variación ambiental a causa de eventos de calentamiento marino, suelen registrarse disminuciones poblacionales en varias especies de pinnípedos. Evaluar la influencia particular del ambiente en la salud poblacional de colonias reproductivas de LMC de manera continua permitirá identificar el riesgo que enfrentan las poblaciones ante la variabilidad ambiental, facilitando así la implementación de medidas de conservación adecuadas durante la temporada reproductiva.

Palabras clave: *Zalophus californianus*, calentamiento marino, El Niño, condición corporal, salud de especies, anomalías ambientales

1. Introducción

El estudio de indicadores de salud de las especies marinas en periodos ambientales anómalos o durante fenómenos climáticos como El Niño posibilita la identificación de variables que pueden estar modulando a las poblaciones. El lobo marino de California es un modelo de estudio de gran interés debido a que el estado de sus poblaciones varía drásticamente de una región a otra de su distribución global (Hernández-Camacho *et al.* 2021), representando un reto para los tomadores de decisiones al tener que implementar estrategias de manejo a la medida de cada región (Pelayo-González *et al.*, 2021b). Para que esto sea posible, es necesario entender cómo responden las colonias a diversos factores ambientales a través de indicadores poblacionales y de salud.

El lobo marino de California es una de las cuatro especies de pinnípedos que se reproducen en México y es la más abundante (Ceballos-González, 2014; Lubinsky-Jinich *et al.*, 2017; Laake *et al.*, 2018). Su distribución comprende desde las islas del canal de California en Estados Unidos hasta la península de Baja California y las islas del golfo de California, México (Szteren y Auriolos-Gamboa, 2006; Hernández-Camacho, 2021). Las poblaciones en México representan el 20% de la población mundial; 14% en la costa del Pacífico de Baja California y 6% en el golfo de California (Hernández-Camacho, 2021). Las colonias reproductivas de lobo marino de California en la región de la costa oeste de la península de Baja California son siete (Fig. 1; Lowry y Maravilla-Chávez, 2003). Por otro lado, en el golfo de California son trece colonias reproductivas agrupadas en tres regiones: norte, centro y sur de acuerdo con su estructura genética, composición de su dieta y su tendencia poblacional (Fig. 1; González-Suárez, 2009; Schramm *et al.*, 2009; Pelayo-González *et al.*, 2021b).

La población de lobo marino en Estados Unidos está en aumento, sin embargo, en México la mayoría de las colonias están disminuyendo (Adame *et al.*, 2020; Hernández-Camacho *et al.*, 2021; Pelayo-González *et al.*, 2021a). La región norte del Golfo de California presenta una tasa de disminución anual de 4%, la Región Centro de 1% y la región sur un aumento de 3% (Pelayo-González *et al.*, 2021b; Hernández-Camacho, datos no publicados). La colonia de la Isla Santa Margarita, localizada en la costa occidental de la península de

Baja California, presenta una tasa de disminución anual de 4%. Esta es una de las colonias reproductivas más grandes de esa región y de la cual se tienen más datos (Pelayo-González *et al.*, 2021a). Además de las tendencias negativas en la abundancia, el número de nacimientos también ha disminuido en colonias del Pacífico y del Golfo de California (Auriolles-Gamboa y Le Boeuf, 1991; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2016; Pelayo-González *et al.*, 2021b).

La disminución en los nacimientos y la abundancia de lobo marino de California se ha relacionado con cambios ambientales, como aumentos en la temperatura de la superficie del mar (TSM), disminuciones en la producción primaria neta (PPN) y durante fenómenos climáticos como El Niño (Shirasago *et al.*, 2015; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2016; Pelayo-González *et al.*, 2021a y 2021b). Esto se debe a modificaciones en la capacidad del lobo marino de California para conseguir alimento debido a cambios en la distribución de sus presas durante años de condiciones ambientales anómalas (Kuhn y Costa, 2014; Shirasago *et al.*, 2015; McHuron *et al.*, 2017). Las hembras realizan viajes de forrajeo de mayor duración y buceos más profundos en busca de alimento, debido al cambio en las proporciones de las presas principales. La modificación de la dieta del lobo marino de California, debido al cambio en la disponibilidad y/o contenido energético de las presas, puede resultar en alteraciones de la producción y calidad de la leche materna (Robinson *et al.*, 2018; Costa y Valenzuela, 2021; Lowry *et al.*, 2022). Las hembras de lobo marino de California realizan viajes de forrajeo de mayor duración y buceos más profundos en busca de alimento, debido al cambio en las proporciones de las presas principales, y también adelantan el término de la lactancia por la insostenibilidad energética que representa (Villegas-Amtmann *et al.*, 2011; McClatchie *et al.*, 2016). Las modificaciones anteriores repercuten sobre la condición corporal de las crías recién nacidas y su supervivencia, que a largo plazo podría afectar el tamaño y tendencia poblacional de las colonias (Molina-Nieves, 2021; Ramírez-Delgado, 2023).

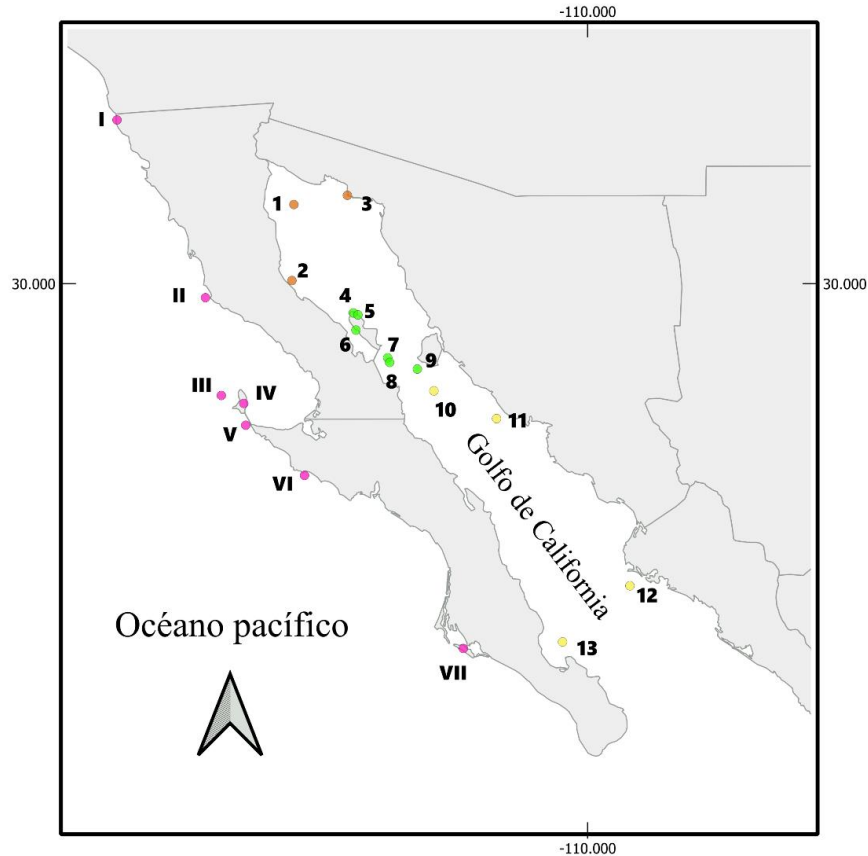


Figura. 1. Colonias reproductivas de lobo marino de California en México: 1. Rocas Consag, 2. Lobos, 3. San Jorge, 4. Granito, 5. Los Cantiles, 6. Los Machos, 7. El Partido, 8. El Rasito, 9. San Esteban, 10. San Pedro Mártir, 11. San Pedro Nolasco, 12. Farallón de San Ignacio, 13. Los Islotes, I. Coronado, II. San Jerónimo, III. San Benito, IV. Cedros, V. Natividad, VI. Asunción, VII. Isla Santa Margarita. Colonias de la costa del Pacífico de Baja California (rosa), Golfo de California; región norte (naranja), centro (verde), sur (amarillo).

No en todas las colonias reproductivas del Golfo de California se ha encontrado una relación entre los parámetros poblacionales (abundancia y el número de nacimientos) de lobo marino de California y las anomalías ambientales (Pelayo-González *et al.*, 2021b). Sin embargo, el uso de parámetros más directos como la condición corporal de las crías, en algunas colonias, ha evidenciado esta relación con mayor éxito (McMahon y Burton, 2005; Wheatley *et al.*, 2006; Melin *et al.*, 2012). Por ejemplo, el peso y la condición corporal de las crías de lobo marino de California en México han disminuido durante eventos El Niño y regímenes cálidos (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2016; Cruz-Vallejo, 2020; Molina-Nieves, 2021; Ramírez-Delgado, 2023).

Las colonias de lobo marino de California que presentan las tasas de disminución poblacional más altas y cuentan con la mayor cantidad de datos poblacionales y morfométricos son las de Isla Santa Margarita y las colonias de la Región Centro del Golfo de California. Es por lo que, evaluar la influencia del ambiente sobre la tendencia poblacional a través de distintos indicadores (parámetros poblacionales y de salud) permitirá reconocer con mayor precisión la condición de vulnerabilidad que presentan las poblaciones durante variaciones o fenómenos ambientales.

1.1 Antecedentes

La abundancia histórica de las poblaciones de lobo marino de California en México ha fluctuado a lo largo de los años. Un incremento de 61% en la abundancia se registró en 1983 en el Golfo de California, seguido de un incremento anual del 2% de 1984 a 2015 (Le Boeuf *et al.*, 1983; Aurióles-Gamboa *et al.*, 2013; Hernández-Camacho *et al.*, 2021). Sin embargo, estudios actuales registran cambios en la tendencia histórica; las colonias en las regiones norte y centro del Golfo de California y las colonias del Pacífico de Baja California están disminuyendo a diferentes tasas anuales, la única colonia en aumento es Los Islotes, localizada en la región sur del Golfo de California (Fig. 1; Pelayo-González *et al.*, 2021a y 2021b).

Las variaciones en el crecimiento poblacional se han relacionado con cambios en las condiciones ambientales oceánicas (McClatchie *et al.*, 2016; Laake *et al.*, 2018; Adame *et al.*, 2020). Un evento de disminución del 50% en el número de crías fue registrado durante El Niño 1982-1983 en la colonia de la Isla Santa Margarita (Aurióles-Gamboa y Le Boeuf, 1991). De manera similar, los nacimientos disminuyeron cuando ocurrieron eventos de calentamiento marino en las colonias localizadas en la Región Centro del Golfo de California (Adame *et al.*, 2020; Pelayo-González *et al.*, 2021a y 2021b). También, la disminución de los nacimientos fue de 44% durante eventos El Niño en la colonia San Miguel, California, Estados Unidos (Melin *et al.*, 2012). Por último, en la colonia San Benito localizada en el Pacífico de Baja California se registró una disminución del 62% en el número de nacimientos durante el evento de El Niño 2015-2016 (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2016).

La condición corporal de las crías se ha visto afectada durante El Niño, olas de calor y regímenes cálidos en colonias de lobo marino de California de Estados Unidos y México. El peso de las crías disminuyó 1 kg en hembras y 1.4 kg en machos durante el registro de anomalías positivas de temperatura de la superficie del mar (TSM) de 1°C en la colonia San Miguel, California en 1997, 1998 y 2009 (Melin *et al.*, 2012). La disminución de los pesos de las crías fue en promedio de 1.2 kg en comparación con el año anterior durante El Niño 2015-2016 en San Benito, México (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2016). Por último,

anomalías positivas en la TSM de entre 1.5-2°C, afectaron los pesos de crías en Los Islotes durante 2014 y 2018 (Cruz-Vallejo, 2020). En el Golfo de California la condición corporal de las crías ha sido afectada negativamente como consecuencia de una disminución en la producción primaria neta (PPN) y por el aumento en la TSM. Durante regímenes cálidos, la condición corporal de las crías fue baja, sobre todo cuando las anomalías de TSM fueron mayores a 1°C durante 1980-2021 (Molina-Nieves, 2021). La misma relación entre la TSM y la condición corporal fue encontrada en la colonia reproductiva El Rasito, Región Centro del golfo, durante 2008-2019 (Ramírez-Delgado, 2023). Estos cambios se han atribuido a modificaciones en la dieta de las hembras gestantes y lactantes de lobo marino de California por variaciones en la disponibilidad de las presas (McClatchie *et al.*, 2016, Cruz-Vallejo, 2020; Molina-Nieves, 2021).

1.2 Justificación

Evaluar la influencia del ambiente en esta especie permitirá identificar el riesgo que enfrentan las poblaciones ante la variabilidad ambiental, facilitando así la adaptación de medidas de conservación adecuadas durante la temporada reproductiva. Además, al comparar dos regiones reproductivas puede brindar información valiosa sobre las particularidades del ambiente en las tendencias poblacionales actuales y permitirnos adoptar estrategias de mitigación al estrés ambiental particular de cada zona. Finalmente, contar con conocimiento actualizado de las poblaciones puede impulsar una investigación más enfocada con las problemáticas y amenazas actuales.

1.3 Hipótesis

Las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar tendrán repercusiones negativas en la condición corporal y en los parámetros poblacionales de lobo marino de California debido a las modificaciones que supondrá sobre las especies pelágicas de las que se alimentan hembras gestantes y lactantes.

Años con anomalías positivas de Clo-a y PPN resultarán en un aumento en la condición corporal de las crías y en los parámetros poblacionales debido a que favorecerá la disponibilidad de presas.

Las zonas de estudio presentarán diferentes magnitudes en relación con los parámetros ambientales y por tanto, en los parámetros de salud y poblacionales, debido a la influencia específica del ambiente sobre cada uno.

1.4 Objetivos

General

Evaluar y comparar la influencia de las anomalías ambientales y el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur en los parámetros poblacionales y de salud de las crías de lobo marino de California en dos regiones reproductivas en México.

Particulares

- i) Identificar cambios en los parámetros poblacionales en la Región Centro del Golfo de California y en Isla Santa Margarita durante el periodo 1981-2023.
- ii) Analizar la condición corporal de las crías en ambas regiones y sus cambios durante 2010-2018.
- iii) Determinar las condiciones ambientales en los alrededores de las regiones de estudio durante el periodo 1981-2023.
- iv) Estimar la relación entre las anomalías ambientales, la condición corporal de las crías y los parámetros poblacionales en ambas regiones.
- v) Comparar la influencia del ambiente sobre los parámetros de condición corporal y poblacionales de cada región.

2. Área de estudio

El Golfo de California es un mar semicerrado que posee comunicación con el océano Pacífico (Bernal *et al.*, 2001; Herrera-Cervantes, 2007). Presenta tres masas de agua principales: el Agua de la Corriente de California, el Agua Tropical Superficial y el Agua del Golfo de California (Lavín y Marinone, 2003; Ruelas-Trolentino y Trasviña-Castro, 2017). Es, a su vez, una eco-región marina con variaciones interanuales marcadas en los patrones de marea, circulación oceánica, corrientes de aire y surgencias (Bernal *et al.*, 2001; Lluch-Cota *et al.*, 2007 y 2010). Dividida geográficamente por la región de las grandes islas se pueden distinguir tres regiones ambientales (Fig. 2 a y b; Lavín y Marinone, 2003; Escalante *et al.*, 2013; Páez-Osuna *et al.*, 2016). La región sur, influenciada por condiciones ambientales semi-anales del océano Pacífico por tratarse de una zona profunda y como producto de las mezclas por mareas (Kahru *et al.*, 2004; Herrera-Cervantes *et al.*, 2007). La Región Centro (Grandes Islas), de condiciones frías y constantes de concentración de clorofila-*a*, debido al patrón de mezcla por las mareas (Lluch-Cota *et al.*, 2007) y finalmente, la región norte, la menos profunda, mayormente influenciada por variables locales y patrones de marea, de condiciones cálidas durante el invierno y un clima tropical en verano (Herrera-Cervantes, 2007; Lluch-Cota *et al.*, 2007).

El fenómeno climático interanual más importante que se presenta en el Golfo de California es El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) que presenta tres regímenes opuestos, cálido (El Niño), frío (La Niña), y neutro (Hanley *et al.*, 2003; Lavín y Marinone, 2003; Herrera-Cervantes *et al.*, 2007; Lluch-Cota *et al.*, 2007). El Niño tiende a modificar las condiciones de clorofila-*a*, debido al hundimiento en la termoclina que limita el ascenso de nutrientes a las aguas superficiales (Valdéz--Holguín y Lara-Lara, 1987; Escalante *et al.*, 2013). Además, la productividad primaria disminuye producto del incremento de la temperatura de la superficie del mar que trae consigo la integración de aguas cálidas del este del Pacífico (McPhaden y Zhang, 2002; Herrera-Cervantes *et al.*, 2007). El Pacífico oriental es caracterizado por anomalías en la temperatura de la superficie del mar altas y un hundimiento mayor de la termoclina durante El Niño (An y Jin, 2001; Wang *et al.*, 2017).

La Isla Santa Margarita se encuentra ubicada en la costa suroeste del Pacífico (Funes *et al.*, 2007) dentro del complejo lagunar Bahía Magdalena-Almejas en la costa suroccidental de la península de Baja California Sur (Fig. 2 a y c; Álvarez-Borrego *et al.*, 1975; Bizarro, 2008). Sus aguas son cálidas y más productivas que las de zonas aledañas (Lluch-Belda *et al.*, 2000; Álvarez-Molina *et al.*, 2013). Por otro lado, al encontrarse dentro del Sistema de la Corriente de California se ve influenciada por los eventos de El Niño alterando los procesos oceánicos superficiales como el desplazamiento del nivel del mar, hundimiento de la termoclina y la reducción de tasas de productividad primaria por debilitamiento de la surgencia (McClatchie *et al.*, 2016; Ohman *et al.*, 2017).

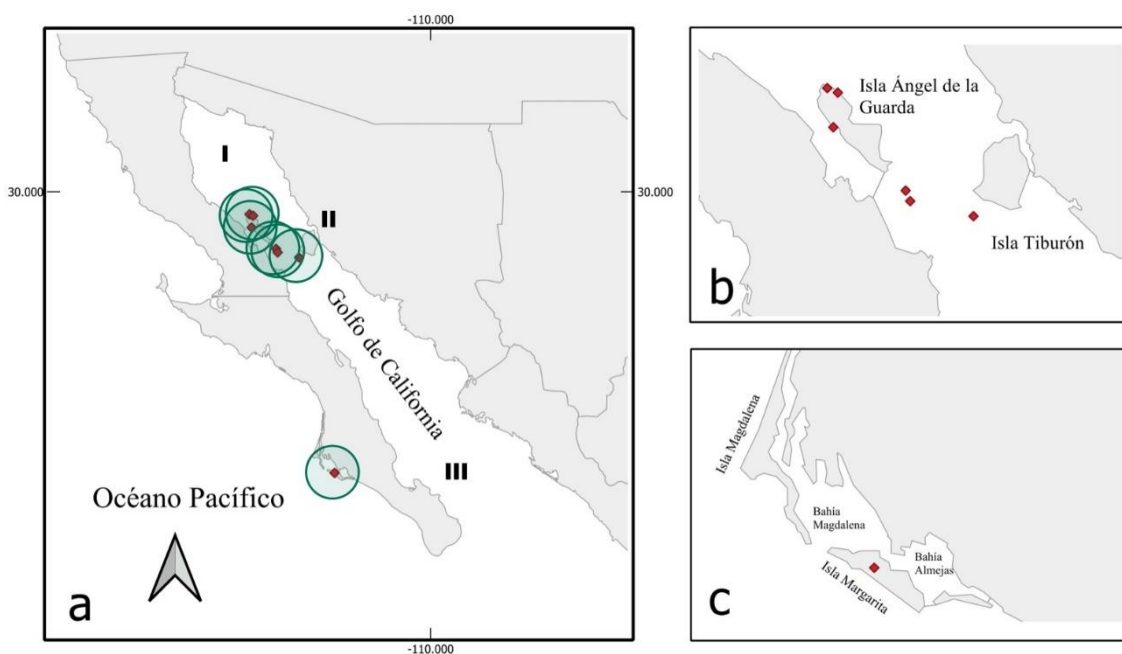


Figura. 2. a. Colonias de estudio: Isla Santa Margarita (Pacífico de Baja California) y Región Centro (Golfo de California). Área considerada para análisis ambiental (60km de radio; círculos verdes) que corresponden a la distancia promedio que las hembras recorren durante sus viajes de alimentación (Pelayo-González *et al.*, 2021b). b. Colonias reproductivas consideradas como Región Centro. c. Complejo Lagunar Bahía Magdalena-Almejas. Regiones del Golfo de California de acuerdo con sus características oceanográficas: I norte, II centro, III sur (Lavín y Marinone, 2003).

En términos ambientales, en ambas zonas se pueden distinguir dos periodos, el más productivo de marzo a julio, caracterizado por ser frío, con una alta concentración de nutrientes y una elevada producción primaria neta (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Hidalgo-González y Álvarez-Borrego, 2004; Cervantes-Duarte *et al.*, 2018). Contrario al anterior, durante agosto-febrero (Isla Santa Margarita) y agosto-septiembre (Región Centro) se presentan condiciones cálidas y con una columna de agua estratificada (Álvarez-Molina *et al.*, 2013; Cervantes-Duarte *et al.*, 2018).

3. Materiales y métodos

3.1 conteos poblacionales y toma de medidas morfométricas

El análisis de los parámetros poblacionales, abundancia y nacimientos, se realizó a partir de una base de datos de conteos históricos para las colonias reproductivas de la Región Centro del Golfo de California e Isla Santa Margarita durante 1978 - 2023. Los conteos de individuos se realizaron en temporada de reproducción de lobo marino de California (mayo-agosto) a bordo de una embarcación y con la ayuda de binoculares. Para facilitar las observaciones, la embarcación se encontraba a 40 metros de la colonia, durante condiciones de marea favorables y baja velocidad (García-Aguilar y Auriol-Gamboa, 2003; Hernández-Camacho *et al.*, 2021).

Posterior a los conteos poblacionales se desembarcó en lugares propicios para capturar el mayor número de crías posible, las cuales permanecieron retenidas durante la toma de medidas morfométricas (peso y longitud total; fig. 3). La masa fue tomada con ayuda de una báscula libre y la medida de longitud total se obtuvo con la cría reposando inmovilizada en una superficie plana; la longitud corresponde a los centímetros totales entre la punta de la nariz y la punta de la cola.

A las crías se les cortó el pelo en forma de símbolos alfanuméricos únicos posteriores a la toma de medidas para evitar recapturas.



Figura 3. Manejo de crías de lobo marino de California para la toma de medidas morfométricas.

3.2 Agrupación de colonias

La muestra por colonia y por año se obtuvo a partir de los datos de medidas morfométricas de las crías de las colonias reproductivas: Granito, Los Cantiles, Los Machos, El Partido, El Rasito, San Esteban e Isla Santa Margarita (Tabla 1). Con el fin de aumentar el tamaño de muestra y su representación en el tiempo se agruparon las colonias Granito, Los Cantiles, Los Machos, El Partido, El Rasito y San Esteban en el área de estudio “Región Centro” en concordancia con otros estudios realizados (González-Suárez *et al.*, 2009; Szteren y Auriolles-Gamboa, 2011). Esta misma agrupación se aplicó a los análisis poblacionales y a los ambientales.

Tabla 1. Tamaño de muestra de crías de lobo marino de California por colonia para obtención de medidas morfométricas.

Colonia	Año									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	

	El Partido	-	-	-	-	-	-	-	-	13
	El Rasito	-	-	-	-	-	-	-	-	12
	Granito	-	-	-	-	-	10	-	-	15
Región Centro	Los Cantiles	-	-	-	-	-	10	-	-	15
	Los Machos	-	-	-	-	-	10	-	-	15
	San Esteban	-	51	-	-	-	15	-	-	-
	Isla Santa Margarita	114	10	15	51	51	32	-	-	-

3.3 Análisis de parámetros poblacionales

Los parámetros poblacionales que se consideraron fueron (1) el número de nacimientos y (2) la abundancia total para ambas regiones durante el periodo 1979-2023. Al número de nacimientos se le aplicó un factor de corrección de 50% debido a que los conteos desde la embarcación dificultan la visualización de crías en zonas de difícil acceso (Le Boeuf *et al.*, 1983). El factor de corrección de abundancia total fue de 28% tomando en cuenta que algunas hembras adultas se encuentran realizando viajes de alimentación durante el conteo (Bonnell y Ford, 1987; Hernández-Camacho *et al.*, 2020; Pelayo-González *et al.*, 2021b).

La tasa que describe el crecimiento poblacional en la región de Isla Santa Margarita es -4% anual la cual se aplicó a las crías y a la abundancia total (Pelayo-González *et al.*, 2021a). La tasa correspondiente a la Región Centro es de -1% la cual se obtuvo considerando cinco de las seis colonias de esta región: El Rasito, El Partido, Granito, Los Cantiles y Los Machos (Hernández-Camacho, datos no publicados; Pelayo-González *et al.*, 2021b).

Los datos observados corresponden a los conteos de cada parámetro y los datos esperados se obtuvieron aplicando las tasas anuales de cambio correspondientes a cada región. Las anomalías anuales tanto de nacimientos, como abundancia total se obtuvieron de la diferencia entre los datos observados y los esperados.

3.4 Análisis de salud de las crías

Debido a que las medidas morfométricas de las crías no se tomaron inmediatamente después de haber ocurrido el parto, los datos de longitud y peso fueron estandarizados a la última fecha de nacimientos registrada (25 de julio; García-Aguilar y Aurióles-Gamboa, 2003). El ajuste de datos se realizó considerando la diferencia entre la fecha de registro y el 25 de julio. Las tasas de crecimiento para peso y longitud que se utilizaron fueron 0.16 kg/día y 0.27 cm/día sin distinciones entre sexos (Luque y Aurióles-Gamboa, 2001).

La condición corporal de las crías se evaluó por medio del factor de condición de Fulton y del índice de condición corporal de Trites y Jonker para determinar con cuál se obtenían mejores resultados.

El factor de condición de Fulton (K) (1904) es una herramienta para evaluar la condición corporal de los individuos relacionando su masa total con su longitud total (Froese, 2006).

$$K = 100\left(\frac{W}{L^3}\right)$$

donde W es la masa total (g) y L es la longitud total del individuo (cm).

En el índice de condición corporal de Trites y Jonker (ICC) propuesto para el lobo marino de Steller (*Eumotopias jubatus*) (Trites y Jonker, 2000) la masa esperada se obtiene a partir de las medidas de masa con respecto a la longitud corporal.

$$ICC = \frac{W}{W_{esp}}$$

donde W es la masa total (g) y W_{esp} es el peso esperado del individuo.

$$W_{esp} = \beta_0 + \beta_1(lt) + e_i$$

donde β_0 es el estimador para la ordenada al origen y β_1 el estimador de la pendiente de la recta.

Para calcular el ICC de Trites y Jonker se obtuvo el valor de Wesp a través de una regresión lineal de pesos para obtener los valores de β_0 y β_i

En el caso de índice de condición corporal de Trites y Jonker los valores superiores a 1 reflejan que el individuo posee una condición corporal relativamente mejor que otro individuo promedio de su mismo largo. Caso contrario cuando el ICC obtenido es menor a 1.

Se obtuvieron promedios anuales de los pesos, el factor de condición corporal de Fulton y el índice de condición corporal de Trites y Jonker para cada región de estudio.

Las anomalías anuales del factor de condición de Fulton, del índice de condición corporal de Trites y Jonker y del peso se obtuvieron primero para cada individuo, calculando la diferencia entre el promedio histórico de la región con lo obtenido por individuo. Posteriormente se obtuvo el promedio anual de las anomalías de cada parámetro considerando a todos los individuos registrados ese año y por región.

3.5 Análisis de variables ambientales

Las variables ambientales oceanográficas fueron; promedio de la concentración de clorofila-*a* (Clo-*a*), producción primaria neta (PPN) y temperatura de la superficie del mar (TSM) debido a la influencia que tienen sobre la disponibilidad de presas de lobo marino de California (Melin *et al.*, 2010; Kuhn y Costa, 2014; Pelayo-González *et al.*, 2021a y 2021b).

Los registros de cada variable se tomaron considerando su disponibilidad y que coincidieran temporalmente con los datos poblacionales; Clo-*a* (1999-2022), PPN (1999-2020) y TSM (1983-2022) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) (<https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/about/nauplius.html>). Espacialmente los datos se obtuvieron de un polígono de 60 km a la redonda de las regiones de estudio (Fig. 2). En el caso de Región Centro se trazó el área de 60 km en las seis colonias y se obtuvo un polígono mínimo que abarcaba todas, utilizando QGIS. Los 60 km corresponden a la distancia

promedio que las hembras recorren durante sus viajes de alimentación (Villegas-Amtmann, 2009; Pelayo-González *et al.*, 2021b).

Para evaluar el impacto del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur se utilizó el Índice Multivariado de El Niño-Oscilación del Sur (MEI v.2, por sus siglas en inglés), un índice bimestral que recopila variables oceanográficas y atmosféricas (presión de nivel del mar, temperatura de la superficie del mar, componentes zonales y meridionales del viento superficial y radiación de onda larga saliente). Los datos se descargaron de <https://psl.noaa.gov/enso/mei/> de la NOAA y se tomaron de manera que coincidieran con los registros poblacionales (1983-2023).

Dado que los efectos de las anomalías y fenómenos ambientales presentes durante la gestación influyen en la salud de las crías recién nacidas, el reajuste temporal de los datos ambientales se basó en la época reproductiva del lobo marino de California (de junio a julio del siguiente año) para reflejar más fielmente esta influencia (García-Aguilar y Aurióles-Gamboa, 2003; Hernández-Camacho *et al.*, 2020; Hernández-Camacho *et al.* 2021; Molina-Nieves, 2021).

Se obtuvieron promedios anuales de cada variable ambiental y del MEI para ambas zonas de estudio. Las anomalías mensuales se obtuvieron de la diferencia entre el promedio mensual y el mensual histórico; finalmente el promedio anual de la anomalía es resultado de la media de los doce meses de gestación.

3.6 Pruebas estadísticas

El análisis estadístico se realizó utilizando la librería “stats” en RStudio (v 2022.02.3). El nivel de significancia utilizado en todas las pruebas fue $p < 0.05$. Los datos de los tres parámetros (poblacional, salud y ambiental) se sometieron a una prueba Shapiro-Wilk para evaluar si presentaban una distribución normal. Las pruebas arrojaron una distribución no normal en la mayoría de los casos.

Con la finalidad de conocer si existían diferencias significativas entre los parámetros de condición corporal entre años para ambas regiones se realizó una prueba de similitud entre grupos Kruskal-Wallis, y una prueba Wilcoxon-Mann-Whitney para cada variable de los parámetros de salud en cada región. De manera similar se realizaron las pruebas para los años coincidentes entre ambas regiones (2011 y 2015) para evaluar si existían diferencias entre regiones.

Para evaluar la relación entre los parámetros ambientales, de salud y poblacionales se realizaron pruebas de correlación de Spearman.

4. Resultados

4.1 Análisis de parámetros poblacionales

La abundancia y el número de nacimientos históricos de ambas regiones presentó una tendencia negativa (Figs. 4 y 5). Ambas zonas, coincidieron en anomalías negativas (2013 y 2015) y aumento en el número de nacimientos (1984 y 2010; figs. 6 y 7).

De manera particular en la Región Centro se observan alrededor de 6 picos de grandes aumentos mientras que en Isla Santa Margarita únicamente se presentan cuatro (Fig. 4). Ambas zonas coinciden únicamente en aumento durante 2013. De manera general la abundancia de Región Centro se encuentra entre 4324 y 11 633 individuos en contraste con Isla Santa Margarita que presenta cifras de 914 y 5298 individuos. Respecto a los nacimientos ocurre algo similar para la Región Centro, con una tendencia general a disminuir, pero con picos de aumento (Fig. 5). De manera inversa Isla Santa Margarita presenta solo cuatro picos altos de disminución (1982, 1999, 2010 y 2014), tres de ellos un año antes de los de aumento de abundancia (Fig. 4)

La anomalía positiva más alta de abundancia en la Región Centro se presenta en 2003 siguiendo la más baja en 2004. Por su parte Isla Santa Margarita registra su año más anormal de disminución en 1981 y el de aumento en 1984 (Fig. 6). Ambas zonas comparten años

anómalos de disminución (1981, 2013 y 2015) y aumento (1984 y 2019) en el número de nacimientos. Sin embargo, la Región Centro presentan en su mayoría anomalías positivas en su abundancia históricas mientras que Isla Santa Margarita ocurre lo contrario (Fig. 7)

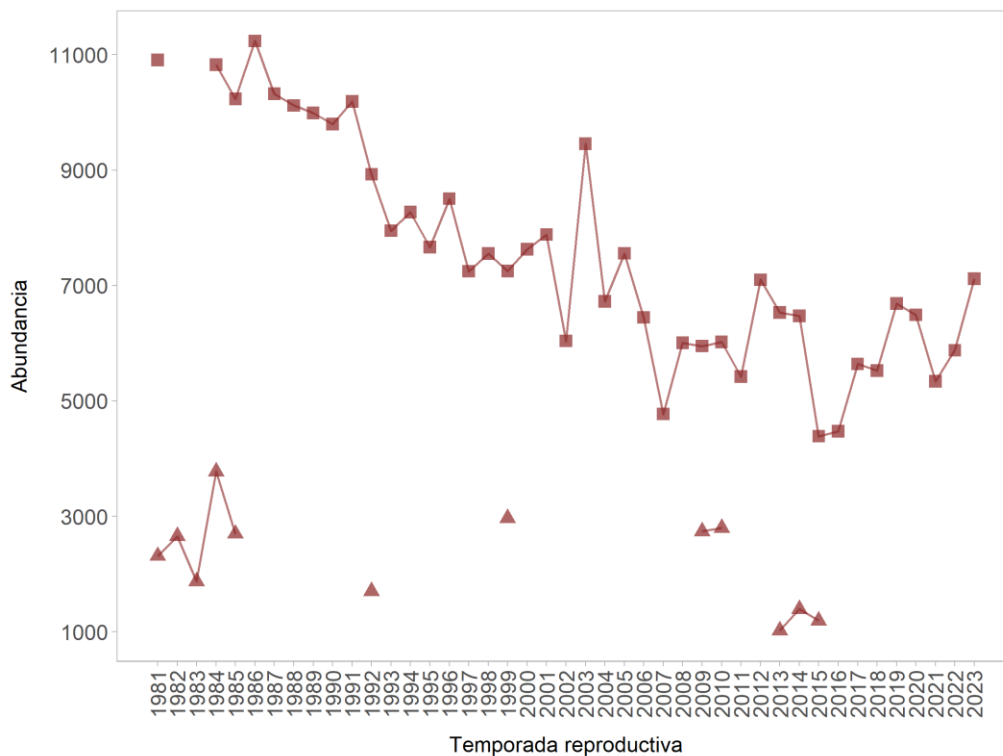


Figura 4. Abundancia histórica de la colonia de lobo marino de California de la Isla Santa Margarita (triángulos) y región centro (cuadrados) durante 1979-2023.

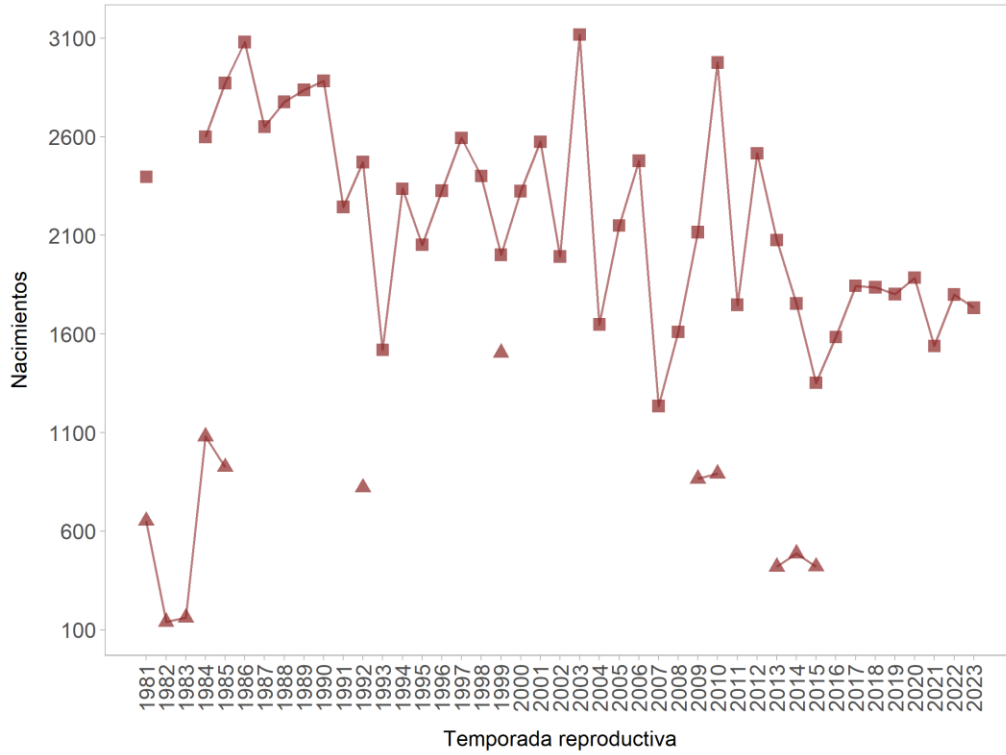


Figura 5. Número de nacimientos históricos en Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados) durante 1979-2023.

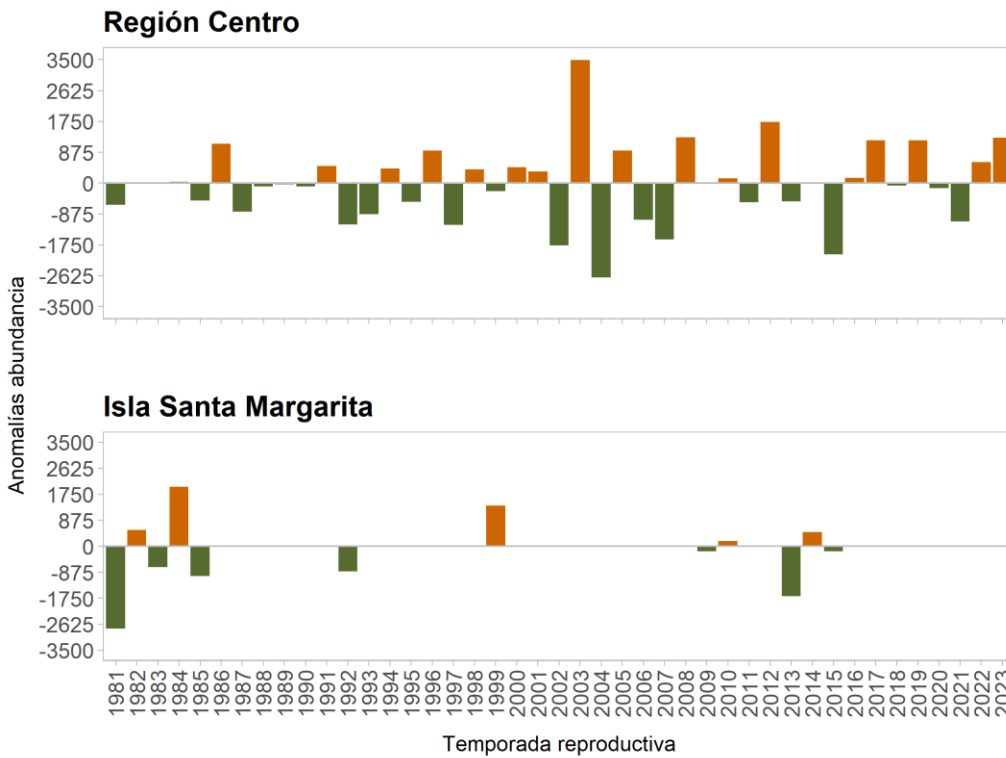


Figura 6. Anomalías en la abundancia histórica de lobo marino de California.

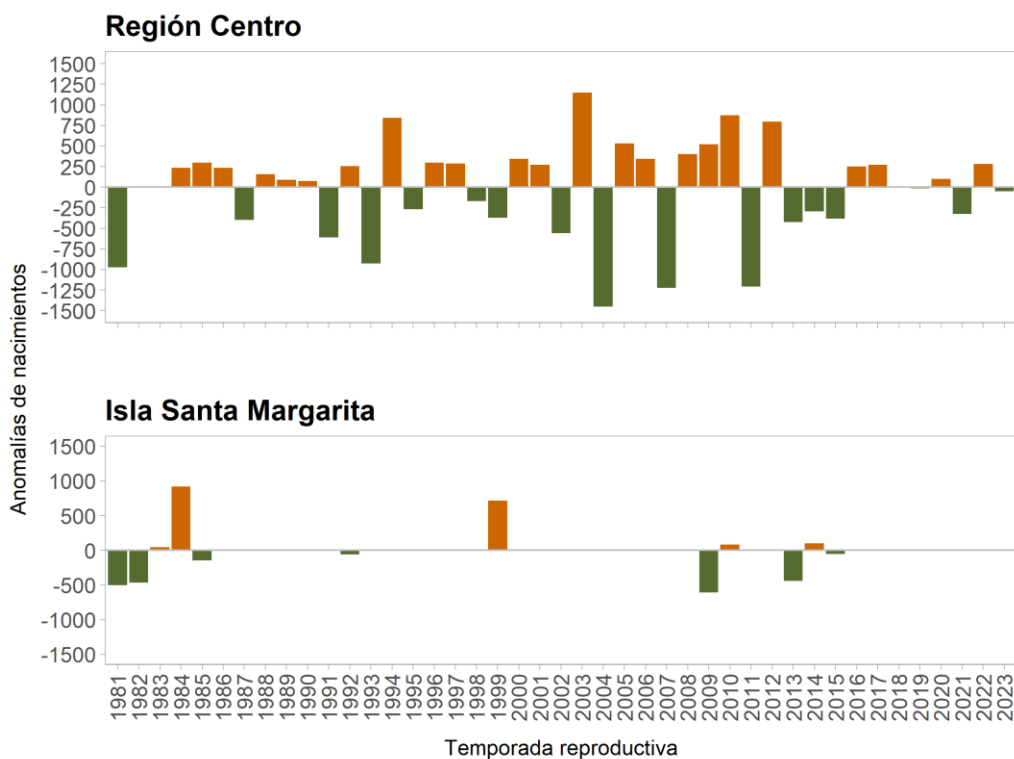


Figura 7. Anomalías en el número de nacimientos históricos de lobo marino de California.

4.2 Análisis de parámetros de condición corporal

El peso de las crías de la Región Centro del Golfo de California presentó una media histórica de 14.37 kg, con los pesos promedio más bajos en 2015 y 2018 y el más alto en 2011 (Fig. 8). Por otro lado, las crías de la Isla Santa Margarita presentaron una media histórica de 12.90 kg y el promedio anual más alto entre regiones, 17.48kg en 2011 seguido del más bajo (10.44kg) al año siguiente (Fig. 8).

En cuanto al factor de condición de Fulton, las crías de Región Centro mostraron promedios anuales entre 0.00196 y 0.00273, este intervalo fue menor para las crías de la colonia Isla Santa Margarita (0.0018-0.0024) (Fig. 9). El promedio más bajo fue en 2012 y el más alto en 2011 (Isla Santa Margarita) (Fig. 9).

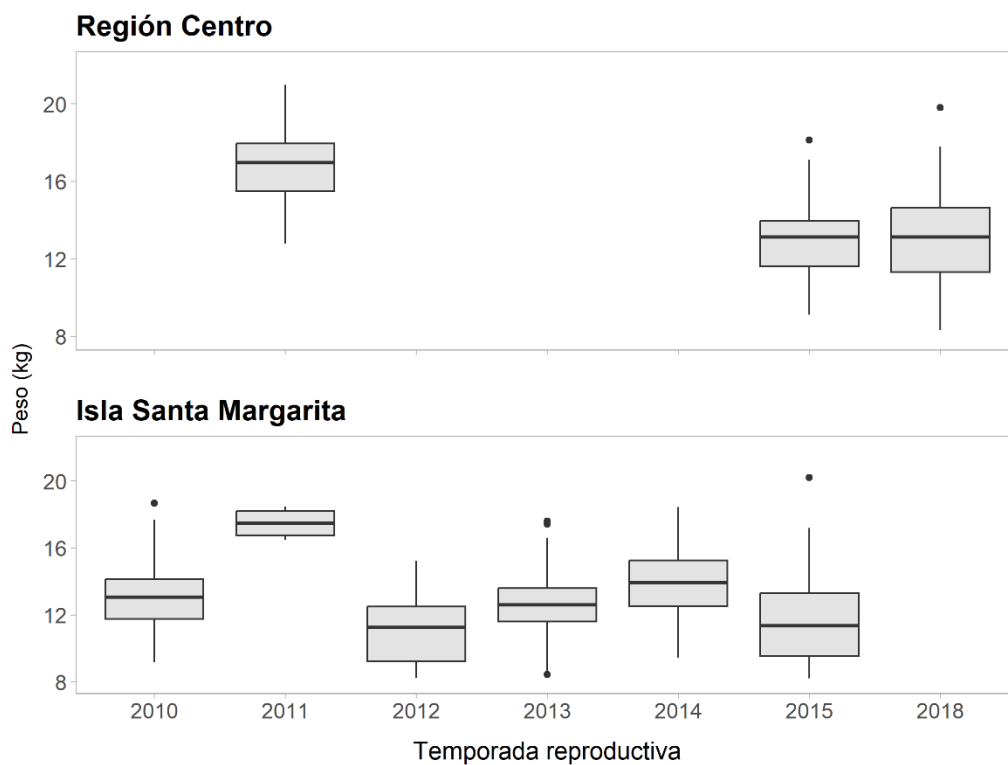


Figura 8. Distribución de los pesos de las crías de lobo marino de California.

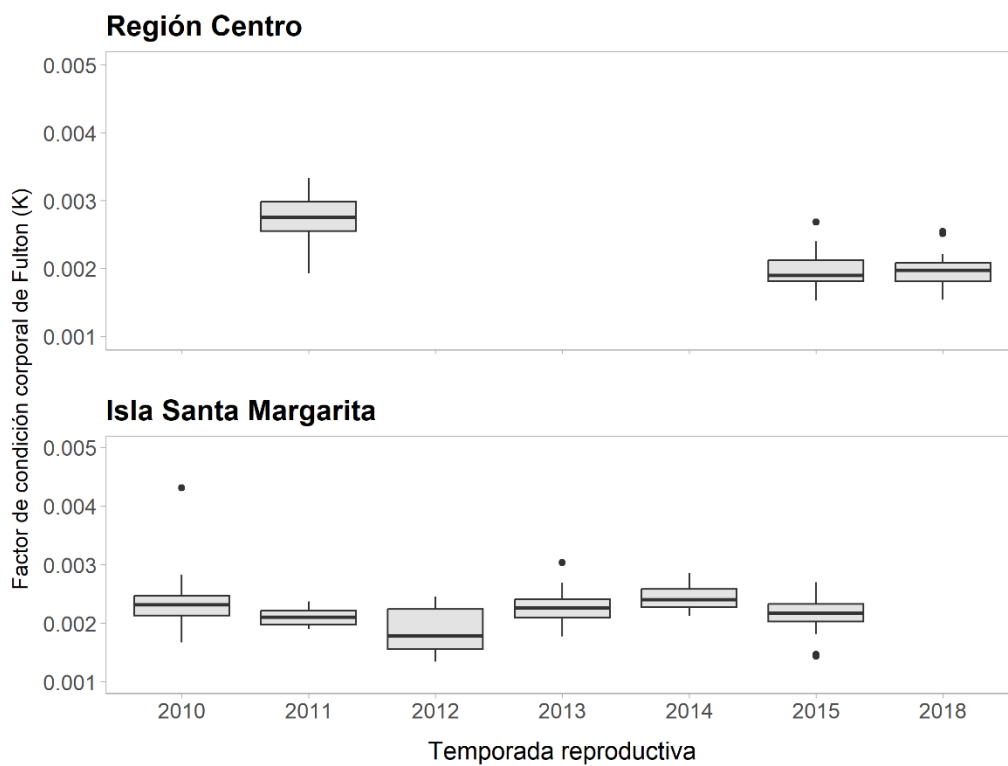


Figura 9. Condición corporal de las crías de acuerdo con factor de condición de Fulton.

Los valores de las medias anuales para el ICC de Trites y Jonker mostraron menor variabilidad en la colonia de la Isla Santa Margarita que en la Región Centro, siendo esta última fue la que presentó la media más baja en 2018 (0.59), mientras que Isla Santa Margarita presentó en 2014 la más alta (1.05) (Fig. 10),

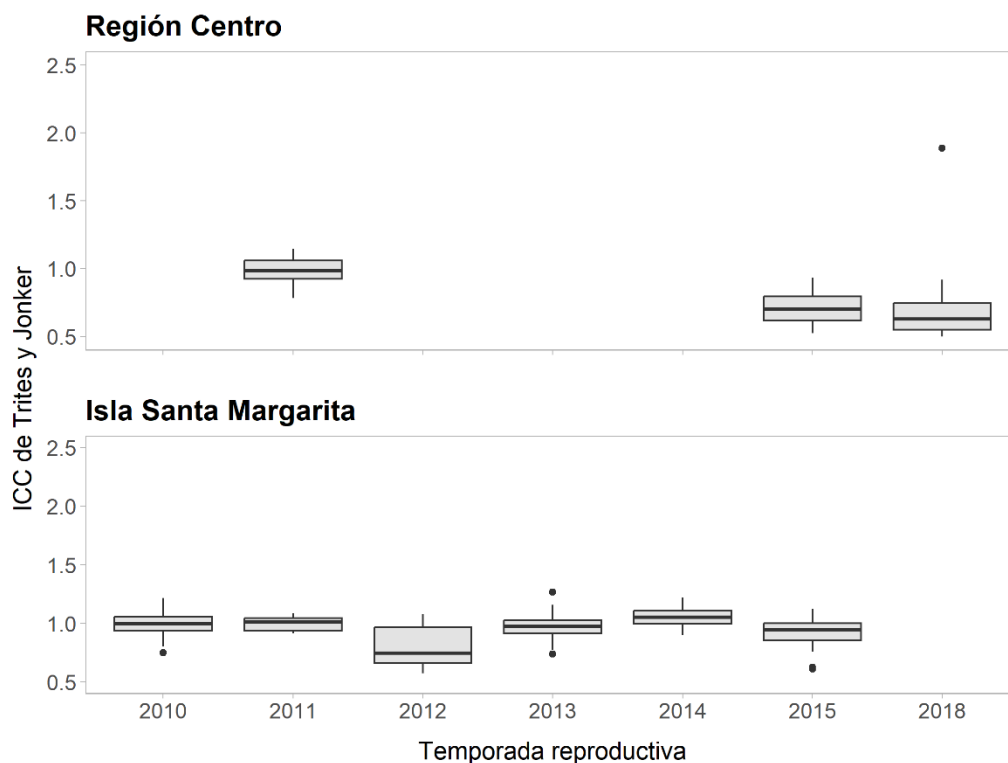


Figura 10. Condición corporal de las crías de acuerdo con el índice de condición corporal de Trites y Jonker (ICC).

La Región Centro mantuvo el sentido de las anomalías positivas y negativas en ambos parámetros de condición corporal y peso (Figs. 11 -13). En Isla Santa Margarita las anomalías de los tres indicadores presentaron el mismo sentido en 2010, 2012, 2014 y 2015 (Figs. 11-13).

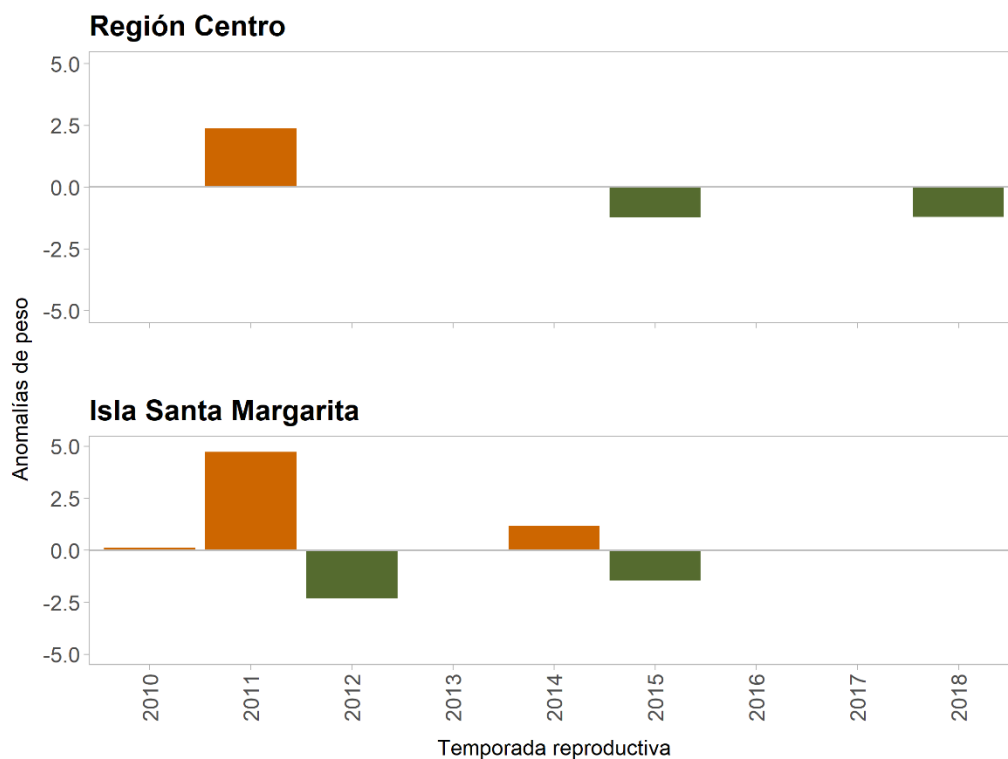


Figura 11. Anomalías en los pesos anuales de las crías de lobo marino de California.

*El año 2013 en Isla Santa Margarita obtuvo una anomalía positiva de 1.7×10^{-8} .

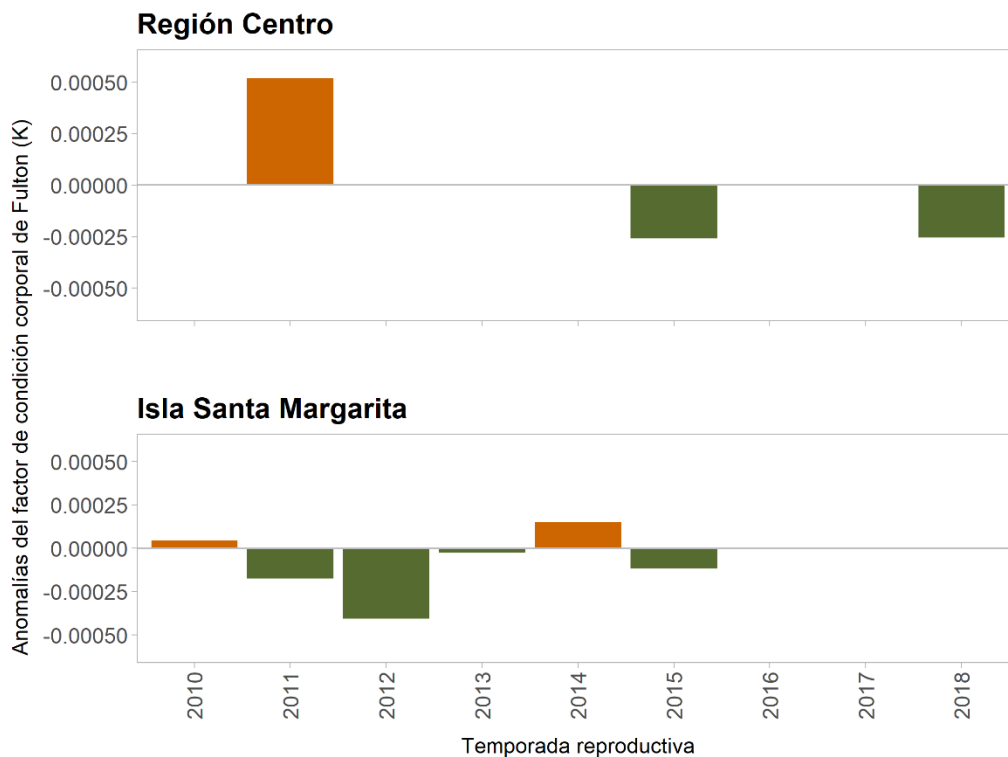


Figura 12. Anomalías en la condición corporal de las crías de lobo marino de California de acuerdo con el factor de condición de Fulton.

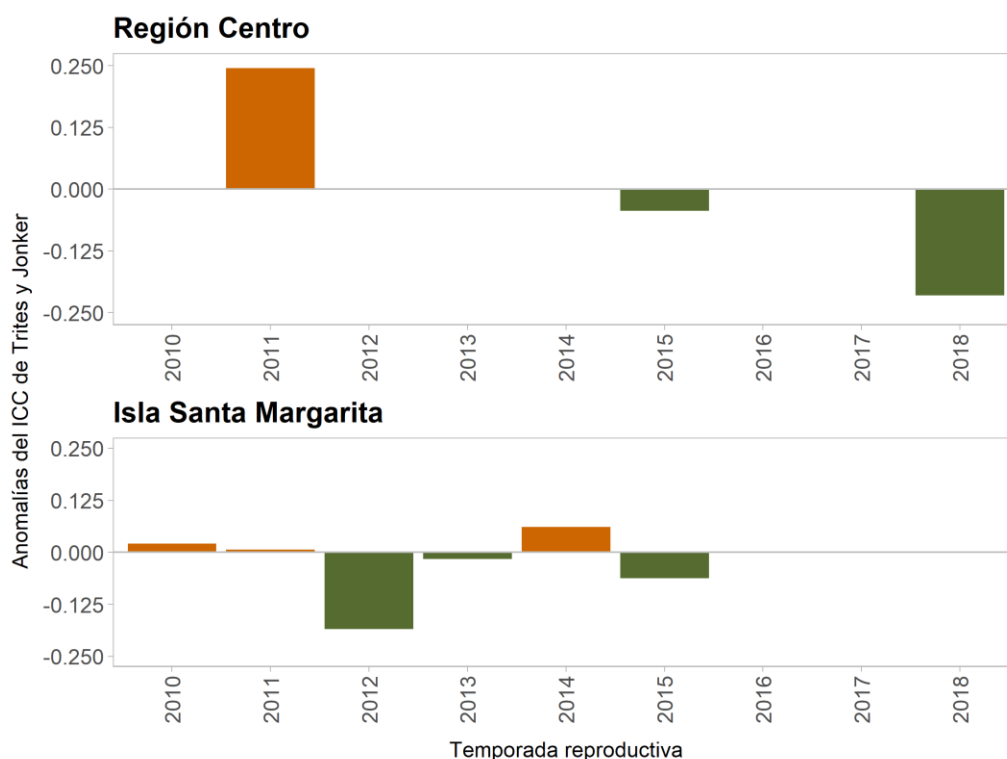


Figura 13. Anomalías en la condición corporal de las crías de lobo marino de California de acuerdo con el índice de condición corporal de Trites y Jonker (ICC).

En Región Centro se encontraron diferencias entre 2011 y, 2015 y 2018 en los tres parámetros de condición corporal. Mientras que 2015 y 2018 fueron diferentes únicamente en el índice de condición corporal de Trites y Jonker (Tabla 2).

En Isla Santa Margarita los tres parámetros de condición corporal fueron diferentes en la mayoría de los años, excepto en 2010-2013 y 2012-2015 donde los tres fueron iguales. Por su parte el peso mostró diferencias respecto al índice de Trites y Jonker y factor de Fulton en cinco años (Tabla 2).

Los parámetros de condición corporal entre regiones presentaron diferencias en 2011 únicamente con el factor de condición de Fulton, y en 2015 se encontraron diferencias en los tres parámetros (Tabla 3).

Tabla 2. Valores de p obtenidos en la prueba Wilcoxon-Mann-Whitney para los parámetros de condición corporal de ambas regiones. En negritas se observan los valores p menores al valor de significancia (0.05).

Años	Región Centro			Isla Santa Margarita		
	Valor p-asociado					
	Peso	Factor de Fulton	ICC Trites y Jonker	Peso	Factor de Fulton	ICC Trites y Jonker
2010-2011	-	-	-	8.80E-06	0.04528	0.97438
2010-2012	-	-	-	0.00417	0.00275	0.0017
2010-2013	-	-	-	0.7939	0.58317	0.55232
2010-2014	-	-	-	0.03854	0.02707	0.00367
2010-2015	-	-	-	0.01074	0.06099	0.05507
2011-2012	-	-	-	0.00036	0.58884	0.07693
2011-2013	-	-	-	8.60E-05	0.22915	0.81534
2011-2014	-	-	-	0.00011	0.00081	0.25062
2011-2015	7.50E-11	4.40E-15	2.90E-15	0.00018	0.58884	0.50602
2011-2018	6.20E-11	2.00E-16	2.00E-16	-	-	-
2012-2013	-	-	-	0.01114	0.02707	0.01178
2012-2014	-	-	-	0.00036	0.00019	6.70E-05
2012-2015	-	-	-	0.79396	0.19711	0.24336
2013-2014	-	-	-	0.03943	0.00139	0.00063
2013-2015	-	-	-	0.03854	0.58884	0.55232
2014-2015	-	-	-	0.00036	0.00014	4.90E-05
2015-2018	0.88	0.69	1.90E-08	-	-	-

Tabla 3. Valores p obtenidos en la prueba Wilcoxon-Mann-Whitney para los parámetros de condición corporal entre regiones. En negritas se observan los valores p menores al valor de significancia (0.05).

Año	Valor p-asociado		
	Peso	Factor de Fulton	ICC Trites y Jonker
2011	0.25	4.10E-06	0.81
2015	0.0033	0.00042	1.30E-09

4.3 Análisis de variables ambientales

Los promedios anuales de la concentración de clorofila-*a* para ambas regiones presentaron tendencias similares en dos periodos (2007-2012 y 2016-2020; fig. 14). Los promedios más bajos se encontraron en 2015 para la Isla Santa Margarita (2015) y 1999 en Región Centro (Fig. 14).

Respecto a los promedios anuales de PPN, la tendencia entre la colonia de Isla Santa Margarita y región centro se comportó de similar a Isla Santa Margarita con picos en 2000, 2003, 2006, 2012-2013 y un crecimiento continuo a partir de 2016, en 2020 Región Centro presentó el más alto de sus valores (1167 mg-C/m²/día) a diferencia de la Isla Santa Margarita que lo registró en 2003 (1189 mg-C/m²/día). Sin embargo, compartieron su promedio más bajo en el año 1999 con valores de 901 mg-C/m²/día (Isla Santa Margarita) y 619 mg-C/m²/día (región centro; fig. 15).

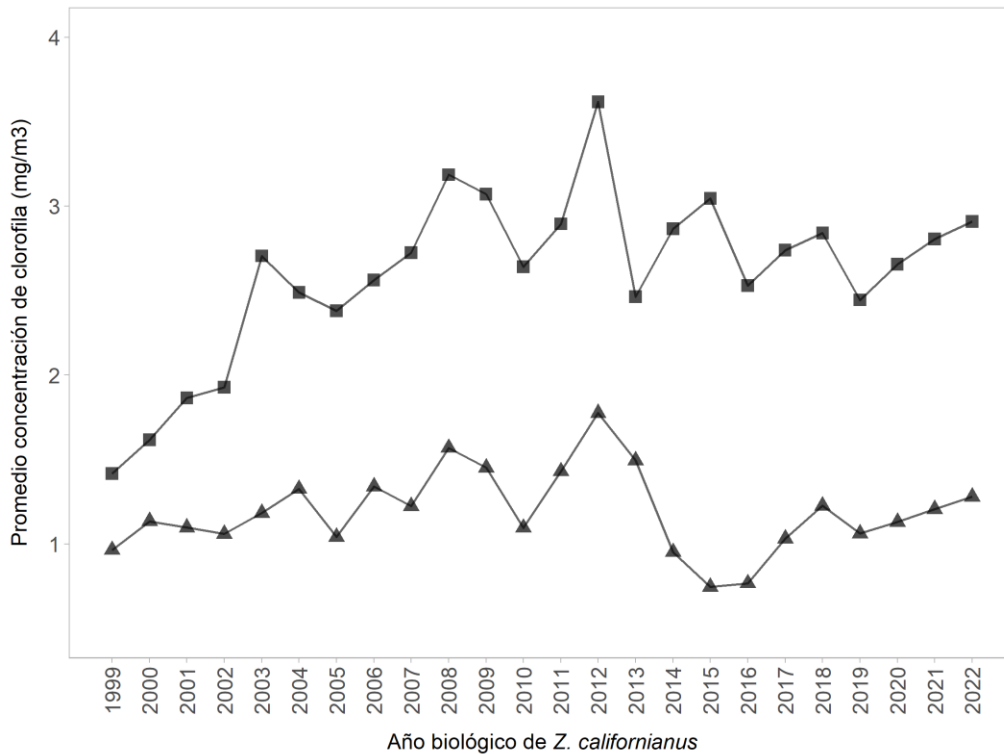


Figura 14. Promedios anuales de concentración de clorofila-*a* (Clo-*a*) durante el periodo 1999-2023 para Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados).

Las tendencias en la TSM coincidieron en varios años en ambas regiones, (2011-2016) (Fig. 16). La Región Centro presentó valores más altos, en comparación con Isla Santa Margarita, que siempre se mostró por debajo con excepción de 1998 (Fig. 16). Isla Santa Margarita presenta una desviación estándar de $\pm 0.87^{\circ}\text{C}$, contrario a Región Centro cuya desviación estándar fue $\pm 0.53^{\circ}\text{C}$

Las anomalías del promedio de Clo-*a* para ambas regiones únicamente coincidieron en los eventos de disminución durante los cuatro primeros años (Fig. 17). En cuanto a las anomalías de PPN ambas zonas coincidieron frecuentemente durante anomalías negativas (Fig. 18).

Respecto a las anomalías de TSM los valores positivos más altos se presentaron en 2015 y 2016 para ambas regiones, mientras que el más frío se registró durante 2011 también

para ambas regiones (Fig. 19). Región Centro presentó menor variación ($s = \pm 0.53$) de ellas que Isla Santa Margarita ($s = \pm 0.87$).

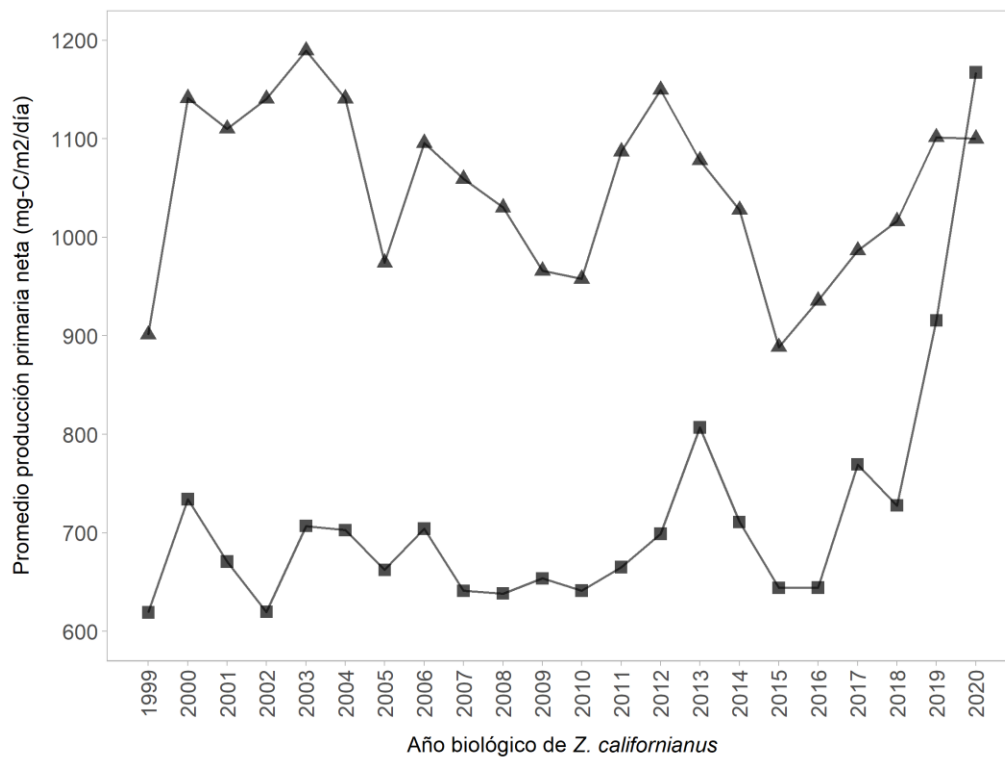


Figura 15. Promedios anuales de producción primaria neta (PPN) durante el periodo 1999-2020 para Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados).

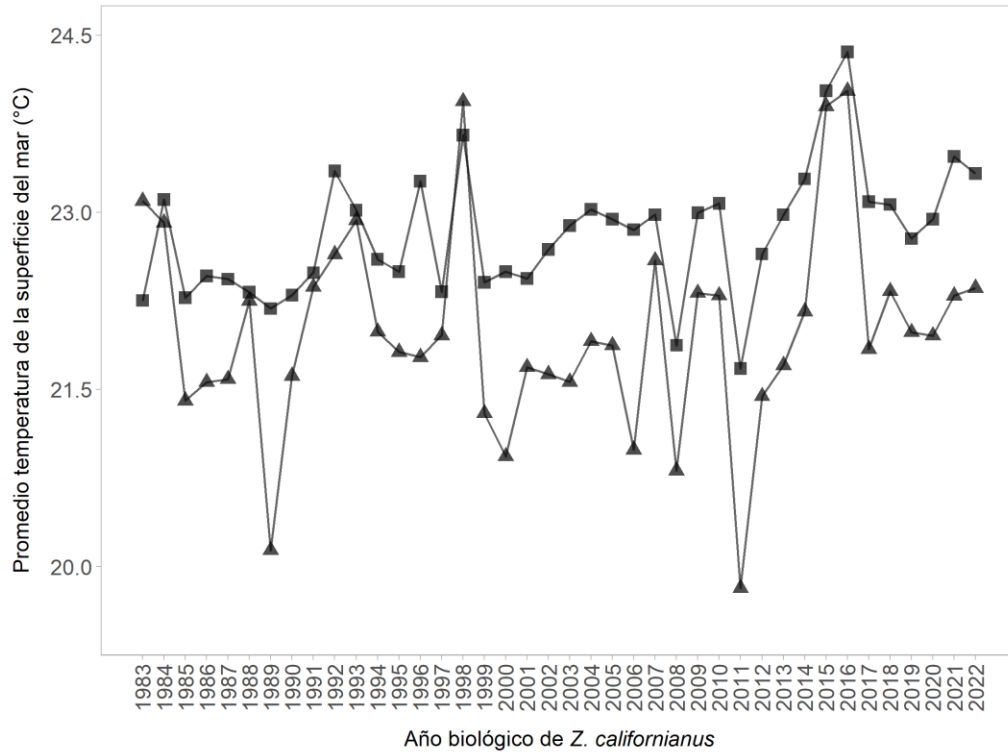


Figura 16. Promedios anuales de temperatura de la superficie del mar (TSM) durante el periodo 1983-2022 para Isla Santa Margarita (triángulos) y Región Centro (cuadrados).

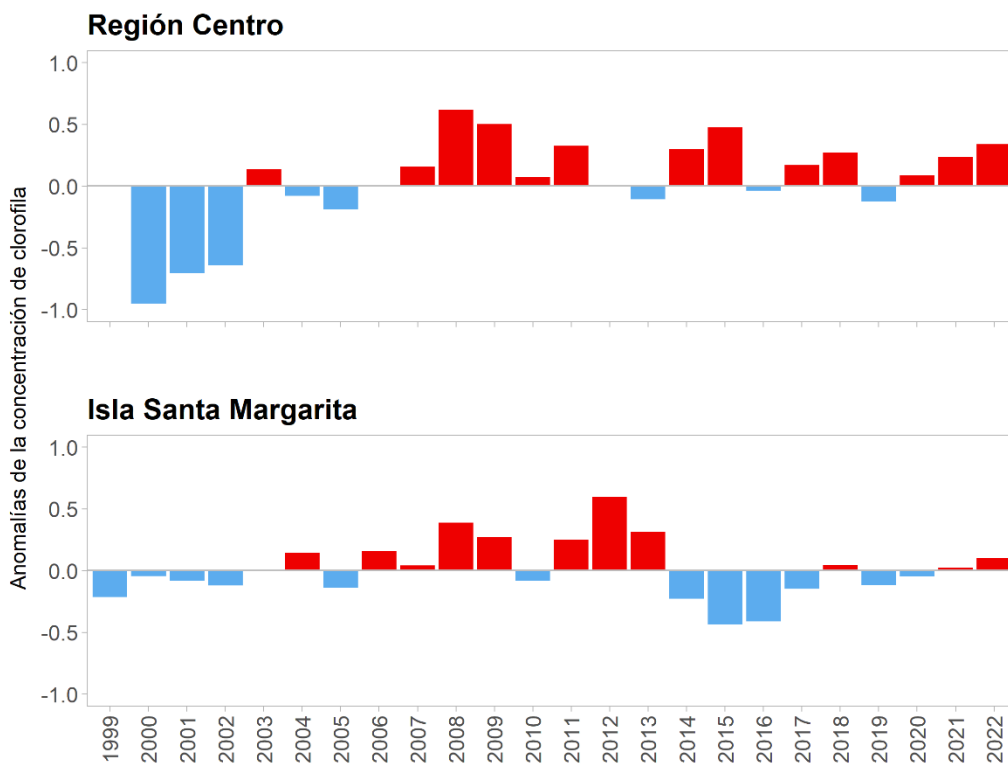


Figura 17. Anomalías de concentración de clorofila-*a* (Clo-a).

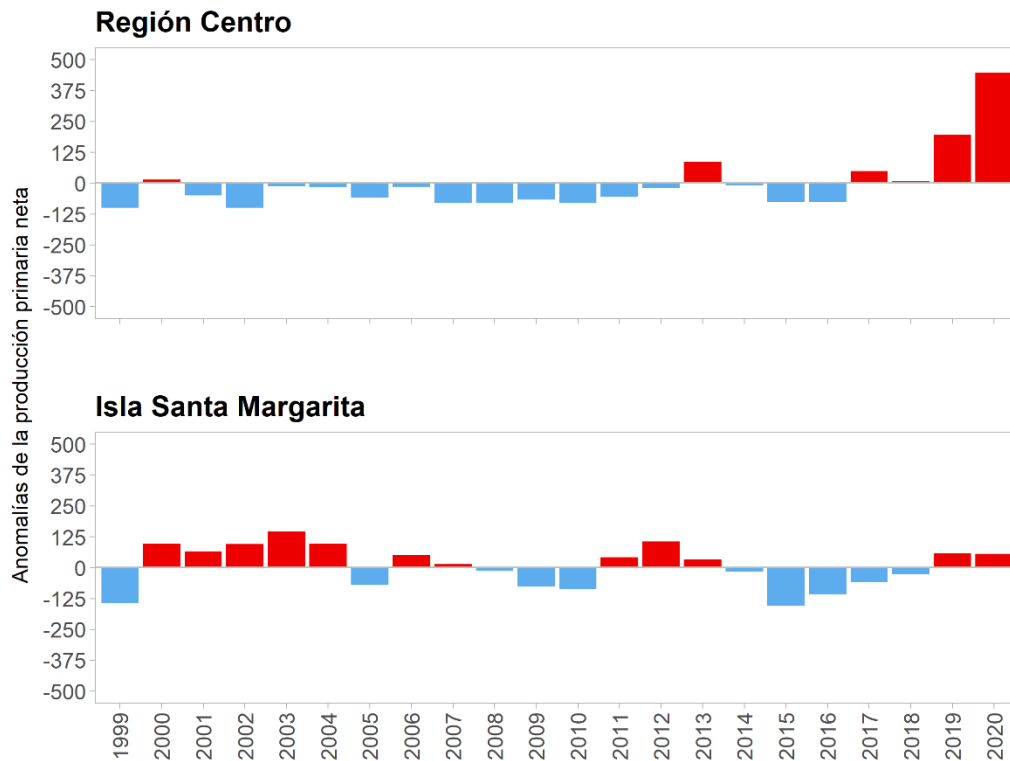


Figura 18. Anomalías de producción primaria neta (PPN).

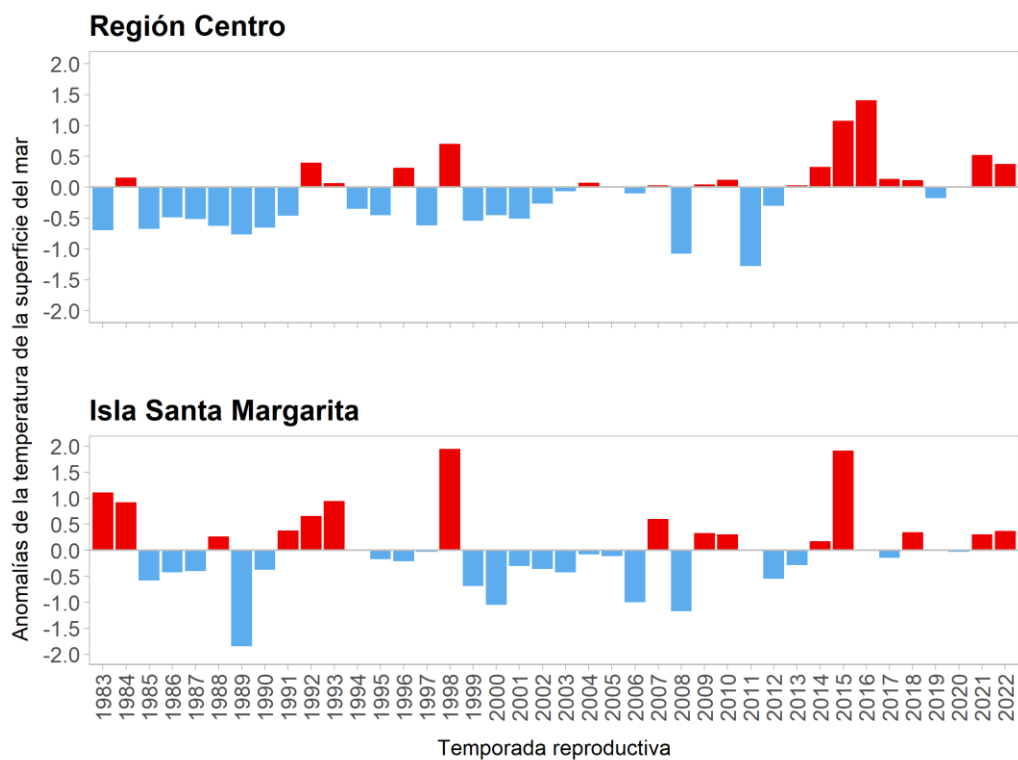


Figura 19. Anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM).

Finalmente, para el MEI se observó concordancia con las anomalías en la TSM presentes en ambas regiones (Figs. 19 y 20). Sin embargo, las condiciones anómalas de Región Centro fueron menos coincidentes con el MEI que Isla Santa Margarita. Por su parte, Isla Santa Margarita coincidió en la mayoría de los años anormalmente cálidos con anomalías positivas del MEI (1983, 1991-1994, 2007, 2010 y 2019).

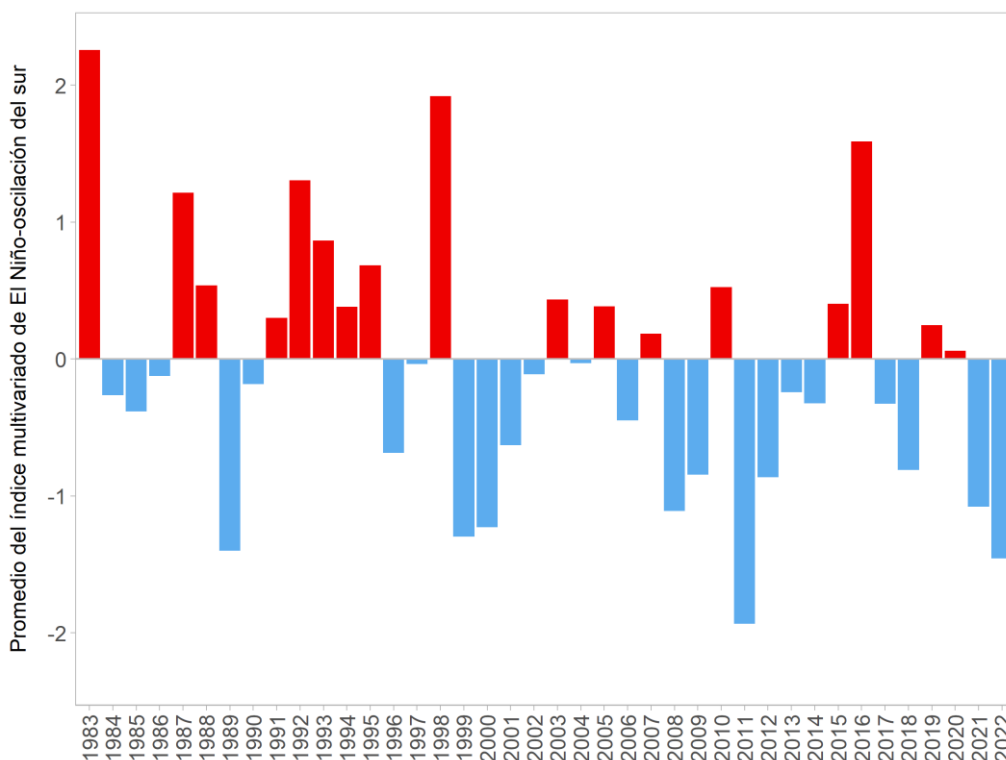


Figura 20. Promedios del Índice Multivariado de El Niño-Oscilación del Sur (MEI v.2)

4.4 Análisis estadístico

Se encontraron relaciones entre los parámetros poblacionales y algunas variables ambientales, a diferencia de los parámetros de salud donde no se obtuvieron relaciones con ninguna variable (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación entre parámetros poblacionales y ambientales para ambas regiones. Los valores de las anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM) y producción primaria neta (PPN).

Variables	$\rho(\rho)$	valor-p
Nacimientos esperados (RC) - TSM (RC)	-0.405666	0.0104018
Abundancia esperada (RC) - TSM (RC)	-0.335907	0.0365578
Nacimientos observados (SM) - MEI	-0.640806	0.0458934
Abundancia esperada (SM) - Anomalías PPN (SM)	0.5414457	0.0092554

Los parámetros de condición corporal se relacionaron positivamente únicamente con los parámetros poblacionales en Región Centro (Tabla 5).

Tabla 5. Correlación entre parámetros poblacionales y de condición corporal.

Variables	$\rho(\rho)$	valor-p
Nacimientos esperados (RC) - Factor de Fulton (RC)	0.9978863	0.0413992
Nacimientos esperados (RC) - Peso (RC)	0.9977273	0.0429291

5. Discusión

Las relaciones entre los parámetros poblacionales y ambientales coinciden con lo observado en distintas colonias de lobo marino de California (Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991; Laake *et al.*, 2018; Adame *et al.*, 2020) y en otros pinnípedos (Trillmich y Ono, 1991). En la Región Centro se encontró una relación inversa entre los parámetros poblacionales (nacimientos y abundancia) y la temperatura de la superficie del mar (Tabla 4), misma situación que fue observada en colonias en Estados Unidos, donde hubo una disminución en la tasa de nacimientos de 57% por el aumento de 1° C en la temperatura de la superficie del mar durante 1975-2014 (Laake *et al.*, 2018). Además, la disminución en la abundancia coincide con la tendencia de calentamiento de 1.6° C en el Golfo de California de 1984-2000 (Lavín *et al.*, 2003).

Por su parte, las correlaciones encontradas en Isla Santa Margarita fueron entre los nacimientos y el MEI (negativa) y, la abundancia y la producción primaria neta (positiva) como lo observado durante El Niño 1982-1983 donde la reducción en el número de nacimientos de lobo marino de California decayó un 50% (Fig. 5; Auriolles-Gamboa y Leboeuf, 1991). De manera similar, durante La Niña de 1999 el número de nacimientos aumentó en la colonia San Jorge del Golfo de California (Mellink, 2003). En este trabajo relacionados con La Niña se obtuvieron ocho eventos moderados a fuertes 1989, 1999-2000, 2008, 2011, 2021-2023 (Sánchez Cabeza *et al.*, 2022; Lluch-Cota *et al.*, 2010; Lavín y Marinone., 2003) que coinciden con anomalías positivas en abundancia y nacimientos en ambas regiones, con excepción de algunos años en Región Centro (Figs. 6 y 7). Sin embargo, lo anterior puede ser resultado del enmascaramiento de los procesos ambientales locales, olas de calor regionales o la precursión a fenómenos como “La Mancha” sobre el ENSO (Tseng *et al.* 2017; Herrera-Cervantes *et al.*, 2007; Váldez-Holguín y Lara-Lara, 1987) lo que se puede observar en las anomalías positivas de la TSM en esos años (Fig. 19). Las anomalías positivas en la temperatura de la superficie del mar influenciaron negativamente el número de nacimientos como resultado de factores ligados a la disponibilidad de alimento (McIntosh *et al.*, 2013; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2016; Costa y Valenzuela, 2021). Esto se ha observado en otras especies como el lobo marino sudamericano (*Otaria flavescens*), donde el número de crías disminuyó y su tasa de mortalidad aumentó de 13% antes de El Niño 1997-1998 a 100% durante este fenómeno (Soto *et al.*, 2004).

En ambas áreas de estudio la disminución en los nacimientos y abundancia se ha relacionado con años inusualmente cálidos (Trillmich y Ono, 1991; Adame *et al.*, 2020; Hernández-Camacho *et al.*, 2021) al igual que lo obtenido en este estudio. Además de influir en la mortalidad, la modificación en la disponibilidad de alimento durante años El Niño puede ocasionar un aumento en el número de enmalles de lobo marino de California debido a que individuos, sobre todo jóvenes, son más propensos a depredar en redes de pesca durante periodos de cambio en la distribución de presas y quedar enmallados (Warlick, 2013).

La modificación de la dieta y el comportamiento de forrajeo son indicadores de cambios en la disponibilidad de presas (McClatchie *et al.*, 2016; Haug *et al.*, 2021; Lowry *et*

al., 2022). Los cambios en la dieta pueden ser por modificaciones en la elección de presas de acuerdo con su disponibilidad o aporte energético (Pozas-Franco *et al.*, 2022). Estos cambios también se pueden vislumbrar por una alteración en la diversidad de presas consumidas, lo que en algunas especies de mamíferos marinos suele relacionarse inversamente con la densidad energética que aportan (Chambellant *et al.*, 2013; Robinson *et al.*, 2018). En el Golfo de California se ha observado un cambio de dieta hacia presas con menor densidad energética, disminución en la proporción de peces pelágicos consumidos y de aumento en las especies bénticas, durante años anómalos en la temperatura de la superficie del mar (TSM) (Pozas-Franco, 2022). Lo anterior se puede observar durante el evento fuerte de La Niña en 2011 cuando ambas regiones de estudio mostraron sus pesos más altos (Figs. 8 y 20) posiblemente derivado de cambios en la dominancia de especies de alto valor energético en la dieta del lobo marino de California, como lo observado durante La Niña de 1999 en la Bahía de Monterrey, Estados Unidos (Weise y Harvey, 2008). Las modificaciones en la dieta pueden desencadenar estrés nutricional por una alimentación inadecuada como en el lobo marino sudamericano (Sielfield *et al.*, 2018) o el lobo marino de Steller (Fritz y Hinckely, 2005) lo cual repercute en la condición corporal de las crías, en las tasas de natalidad y mortalidad (Rosen y Trites, 2000). Los cambios en la dieta apoyarían las relaciones observadas en este trabajo entre los parámetros poblacionales y de condición corporal (Tablas 4 y 5; Soto *et al.*, 2006; McIntosh *et al.*, 2013; McClatchie *et al.*, 2016).

La teoría de "la comida chatarra" explica cómo la nutrición inadecuada, debido al cambio en la dieta hacia presas de menor aporte energético, afecta la condición corporal y supervivencia de los individuos (Rosen y Trites, 2000, 2005; Fritz y Hinckley, 2005). Esto sustenta las relaciones entre los parámetros poblacionales, ambientales y de condición corporal (Tablas 4 y 5). Sin embargo, estrategias de diversificación de la dieta otorgan flexibilidad trófica a especies como en el caso del lobo marino de California (Melin *et al.*, 2012; Robinson *et al.*, 2018; Pozas-Franco, 2022) o del lobo marino de Galápagos (*Zalophus wolfebaeki*) donde el forrajeo bentónico es menos susceptible a los cambios ambientales que el pelágico (Schwarz *et al.*, 2022). Lo anterior como una medida de adaptación a condiciones anómalas (Villegas-Amtmann *et al.*, 2011; Paéz-Rosas *et al.*, 2020; Lowry *et al.*, 2022).

Los parámetros ambientales y de condición corporal no mostraron una relación. Sin embargo, se identificó cualitativamente una tendencia inversa entre las anomalías en la TSM y los parámetros de condición corporal. En 2011, durante La Niña, se registraron los pesos más altos en la Región Centro e Isla Santa Margarita (Figs. 8 y 20), con diferencias significativas en Isla Santa Margarita respecto a otros años (Tabla 2) y diferencias entre zonas en el factor de Fulton (Fig. 9). En contraste, en 2015, con el aumento de la TSM, los tres parámetros de condición corporal presentaron anomalías negativas en ambas regiones, diferencias significativas respecto a otros años y diferencias entre zonas en los tres parámetros (Tabla 2; figs. 11-13 y 16). Lo anterior sugiere que los efectos de La Niña en los parámetros de salud son inversos y menores a los de El Niño, independientemente de la zona (Tabla 2 y figs. 8-10). Una posible explicación es el estrés ambiental causado por el aumento de la temperatura de la superficie del mar en hembras gestantes y lactantes debido a una menor disponibilidad de presas. Durante El Niño 1982-1983, cambios en la distribución de calamar pequeño (*Doryteuthis opalescens*), anchoveta del norte (*E. mordax*) y jurel del pacífico (*Trachurus sp*) en la costa de California y Baja California causó una disminución en el peso de las crías (Boness *et al.*, 1991; Funes-Rodríguez *et al.*, 1995) reflejando, a su vez, una disminución en los cuidados maternos y más tiempo en viajes de forrajeo (Francis y Heath, 1991; Heath, 1991). Sin embargo, pasar más tiempo en el mar durante cambios en la disponibilidad de presas no garantiza un aumento en la calidad energética de las presas consumidas (Costa, 2007; Pozas-Franco, 2022). Esto significa que, en última instancia, las crías podrían recibir menos energía de sus madres debido a las demandas de los viajes (Costa, 1991, 2007).

Las diferencias en los parámetros de condición corporal entre zonas (Tablas 2 y 3) pueden deberse a distintas estrategias de alimentación que permiten ambientes variados. Por ejemplo, individuos de lobo marino de Nueva Zelanda (*Phocarctos hookeri*) de una zona de menor productividad presentaban un tamaño corporal reducido y mayor esfuerzo de forrajeo en comparación con lo de una zona de mayor productividad (Leung *et al.*, 2013). Esto sugiere que los impactos en la condición corporal varían según la adecuación de los individuos durante los viajes de forrajeo. Las diferencias anuales en los parámetros de condición corporal en la misma sugieren que el peso es más sensible a cambios ambientales que los

índices de Fulton y Trites y Jonker (Tabla 2). Esto coincide con estudios en crías de lobo marino de Steller, donde la condición corporal disminuyó un 3% mientras que el peso un 10% en épocas desfavorables (Rosen y Trites, 2005). Por lo anterior se puede inferir que las limitantes como el tamaño de muestra de los parámetros de condición corporal (Tabla 1) no permitieran encontrar una relación entre los parámetros ambientales y los de condición corporal.

Los parámetros poblacionales se relacionaron con los de condición corporal sólo en Región Centro entre los nacimientos y el peso y el factor de Fulton (Tabla 5). La relación entre parámetros de condición corporal y poblacionales ha sido estudiada a través de parámetros como la mortalidad de las crías o su adecuación en mamíferos marinos (Banuet-Martínez *et al.*, 2017; Christiansen *et al.*, 2021; Stewart *et al.*, 2021). En la foca común (*Phoca vitulina*) se encontró que las crías de menor peso tenían un riesgo significativamente menor de sobrevivir en comparación con sus pares de mayor peso debido al costo de la termorregulación durante los cambios estacionales (Harding *et al.*, 2005).

Los cambios ambientales suelen estar vinculados a una disminución en la condición corporal y la inmunocompetencia en pinnípedos. Por ejemplo, las crías de lobo marino de California mostraron respuestas inmunológicas limitadas en años inusualmente cálidos en el Golfo de California (Banuet-Martínez *et al.*, 2017). Durante El Niño, los otáridos experimentan estrés fisiológico como aumento en hormonas relacionadas al estrés, la glucosa y el aumento de la tiroides, lo que puede afectar negativamente su supervivencia (De Rango *et al.*, 2019). Estas repercusiones en la salud de los individuos presentan consecuencias en los parámetros poblacionales. En la Isla Santa Margarita, por ejemplo, la relación entre la producción primaria neta con la abundancia y el MEI con los nacimientos (Tabla 4) posiblemente revela la influencia del ambiente sobre la alimentación de los individuos y finalmente, su adecuación. Lo anterior sustenta la relación positiva obtenida entre los parámetros poblacionales y la condición corporal de las crías (Tabla 5) consecuencia de anomalías ambientales.

Otros factores que repercuten en las crías son; destete prematuro (Harwood, 2000), bajas tasas de reproducción o abortos (Francis y Heat, 1991; McKenzie *et al.*, 2005; Laake *et al.*, 2018) y el consumo (calidad y cantidad) de leche materna (Wheatley *et al.*, 2006; Riet-Sapirza *et al.*, 2012; Villegas-Amtmann *et al.*, 2017). En el lobo marino de Steller una reducción del 10-20% en la abundancia de las presas tuvo un impacto de hasta 76% en la producción de leche (Oliver *et al.*, 2022). En concordancia, las crías de lobo marino de California consumían 7-18% menos leche que además contenía mayor cantidad de agua que grasa en años El Niño (Iverson *et al.*, 1991). Asimismo, la interrupción de la lactancia en crías de foca anillada (*Phoca hispida*) tuvo un efecto negativo en su condición corporal durante el deshielo prematuro (Harwood, 2000).

Los efectos de la variabilidad ambiental se reflejan en la modificación de la condición corporal de las crías y supervivencia de las crías, lo que finalmente influye en la abundancia y los nacimientos en las colonias de lobo marino de California. La información obtenida en este trabajo podría proyectar un escenario de disminución poblacional para el lobo marino de California en Región Centro e Isla Santa Margarita como se observa en las tendencias más recientes (Pelayo-González *et al.*, 2021a y 2021b) por la vulnerabilidad de las crías ante las condiciones ambientales anómalas. Incluir indicadores de salud y vulnerabilidad de las crías sensibles a variaciones ambientales en los planes y estrategias de conservación facilitaría una ejecución más efectiva.

6. Conclusiones

- La condición corporal de las crías no se relacionó con ninguna de las variables ambientales posiblemente por el tamaño de muestra. Sin embargo, se observaron disminuciones en los valores de condición corporal durante eventos de calentamiento marino.
- Los nacimientos de la Región Centro se relacionaron inversamente con la temperatura de la superficie del mar.

- En Isla Santa Margarita la disminución de los parámetros poblacionales se relacionó con el aumento en la temperatura de la superficie del mar y la disminución de la producción primaria neta.
- Los nacimientos son un indicador más sensible a la variabilidad ambiental que la abundancia, posiblemente por las limitaciones de las crías respecto a otras clases de edad para adecuar su dieta dado que dependen de la leche materna.

7. Recomendaciones

Realizar estudios de condición corporal que contemplen el análisis de la dieta de hembras adultas, diversidad y aporte energético a través del análisis de isótopos estables e índices la dieta (frecuencia o importancia de las presas en la dieta).

Analizar los cambios en los cuidados maternos por medio de registros temporales de hembras en tierra durante fenómenos climáticos extremos.

Analizar la composición nutricional de la leche utilizando muestras recolectadas de hembras lactantes que han sido capturadas.

Estudiar las causas de muerte en crías durante los primeros días de la temporada reproductiva con la finalidad de conocer su estado de salud.

Utilizar indicadores de salud con mayor sensibilidad a variaciones ambientales como el factor de condición de Fulton.

Evaluar el estado de salud de hembras adultas previo a la temporada reproductiva por medio de métodos no invasivos y ambulatorios como el análisis de la condición corporal.

Actualizar la información disponible de medidas morfométricas a más de una fecha durante la temporada reproductiva.

8. Bibliografía

Adame, K., Elorriaga-Verplancken, F. R., Beier, E., Acevedo-Whitehouse, K., & Pardo, M. A. (2020). The demographic decline of a sea lion population followed multi-decadal sea surface warming. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67534-0>

Alvarez-Borrego, S., Galindo-Bect, L. A., & Chee-Barragán, A. (1975). Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S. *Ciencias Marinas*, 2(2), 94–110. <https://doi.org/10.7773/cm.v2i2.285>

Alvarez-Borrego, S., & Lara-Lara, R. (1991). The Physical Environment and Primary Productivity of the Gulf of California. In *American Association of Petroleum Geologists, Memoir* (Vol. 47, pp. 555–567). <https://doi.org/10.1306/M47542C26>

Álvarez-Molina, L. L., Alvarez-Borrego, S., Lara-Lara, J. R., & Marinone, S. G. (2013). Variaciones anual y semianual de la biomasa y producción fitoplanctónica en el Golfo de California central estimadas de datos de satélite. *Ciencias Marinas*, 39(2), 217–230. <https://doi.org/10.7773/cm.v39i2.2189>

An, S.-I., & Jin, F.-F. (2001). Collective Role of Thermocline and Zonal Advective Feedbacks in the ENSO Mode *. *Journal of Climate*, 14(16), 3421–3432. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<3421:CROTAZ>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3421:CROTAZ>2.0.CO;2)

Aurioles-Gamboa, D., & Le Boeuf, B. J. (1991). Effects of the El Niño 1982–83 on California sea lions in Mexico. In F. Trillmich & K. Ono (Eds.), *Pinnipeds and El Niño* (Vol. 88, pp. 112–118). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-76398-4>

Aurioles-Gamboa, D., Gallo-Reynoso, J. P., & Hernández-Camacho-Camacho, C. J. (2013). Monitoreo de la población del lobo marino de California (*Zalophus californianus*); análisis de la variación (Reporte Técnico). México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Banuet-Martínez, M., Aquino, W. E. de, Elorriaga-Verplancken, F. R., Flores-Morán, A., García, O. P., Camacho, M., & Acevedo-Whitehouse, K. (2017). Climatic anomaly affects the immune competence of California sea lions. *PLoS ONE*, 12(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179359>

Bernal, G., Ripa, P., & Herguera, J. C. (2001). Oceanographic and climatic variability in the lower gulf of California: links with the tropics and north Pacific. *Ciencias Marinas*, 27(4), 595–617. <https://doi.org/10.7773/cm.v27i4.498>

Bizarro, J. J. (2008). A Review of the Physical and Biological Characteristics of the Bahía Magdalena Lagoon Complex (Baja California Sur, Mexico). *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 107(1), 1–24. [https://doi.org/10.3160/0038-3872\(2008\)107\[1:arotpa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.3160/0038-3872(2008)107[1:arotpa]2.0.co;2)

Boness, D. J., Oftedal, O. T., & Ono, K. A. (1991). The effect of El Niño on pup development in the California sea lion (*Zalophus californianus*) I. Early postnatal growth. In *Pinnipeds and El Niño: responses to environmental stress* (pp. 173-179). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Bonnell, M. L., & Ford, R. G. (1987). California Sea Lion Distribution: A Statistical Analysis of Aerial Transect Data. *The Journal of Wildlife Management*, 51(1), 13–20. <https://doi.org/10.2307/3801621>

Cane, M. A. (1983). Oceanographic events during El Niño. *Science*, 222(4629), 1189–1195.

Ceballos-González, G. (2014). *Mammals of Mexico*. Johns Hopkins University Press. <https://books.google.com.mx/books?id=MTMqBgAAQBAJ>

Cervantes-Duarte, R., Barón-Campis, S., Hernández-Becerril, D. U., Gaxiola-Castro, G., & Lara-Lara, J. R. (2018). Temporal variability of phytoplankton biomass and primary production off Magdalena Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 44(2), 91–105. <https://doi.org/10.7773/cm.v44i2.2744>

Cervantes-Duarte, R., García-Romero, F. J., Hernández-Trujillo, S., Funes-Rodríguez, S., & López-López, S. (2018). Efecto del ENSO 2015 sobre la variación de nutrientes y clorofila-a en el litoral de Bahía Magdalena, B.C.S., México. In L. F. Navarro-

Olache, A. Monrreal-Gómez, & C. Peynador-Sánchez (Eds.), *Libro conmemorativo de oceanología: compendio UNAM-ASOCEAN* (pp. 139–145). UNAM.

Chambellant, M., Stirling, I., & Ferguson, S. (2013). Temporal variation in western Hudson Bay ringed seal *Phoca hispida* diet in relation to environment. *Marine Ecology Progress Series*, 481, 269–287. <https://doi.org/10.3354/meps10134>

Christiansen, F., Rodríguez-González, F., Martínez-Aguilar, S., Urbán, J., Swartz, S., Warick, H., Vivier, F., & Bejder, L. (2021). Poor body condition associated with an unusual mortality event in gray whales. *Marine Ecology Progress Series*, 658, 237–252. <https://doi.org/10.3354/meps13585>

Costa, D. P. (1991). Reproductive and foraging energetics of pinnipeds: Implications for life history patterns. In D. Renouf (Ed.), *The Behaviour of Pinnipeds* (pp. 300–344). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3100-1_6

Costa, D. P. (2007). A conceptual model of the variation in parental attendance in response to environmental fluctuation: Foraging energetics of lactating sea lions and fur seals. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1002/aqc.917>

Costa, D. P., & Valenzuela-Toro, A. M. (2021). When physiology and ecology meet: the interdependency between foraging ecology and reproduction in Otariids. In C. Campagna & R. Harcourt (Eds.), *Ethology and Behavioral Ecology of Otariids and the Odobenid* (pp. 21–51). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59184-7>

Cruz-Vallejo, A. R. (2020). *Abundancia y amplitud alimentaria del lobo marino de California de Los Islotes, Bahía de la Paz, México y su relación con el ambiente (2013-2018)*. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/26246>

De Rango, E. J., Prager, K. C., Greig, D. J., Hooper, A. W., & Crocker, D. E. (2019). Climate variability and life history impact stress, thyroid, and immune markers in California sea lions (*Zalophus californianus*) during El Niño conditions. *Conservation Physiology*, 7(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/coz010>

Elorriaga-Verplancken, F. R., Sierra-Rodríguez, G. E., Rosales-Nanduca, H., Acevedo-Whitehouse, K., & Sandoval-Sierra, J. (2016). Impact of the 2015 El Niño-southern

oscillation on the abundance and foraging habits of Guadalupe fur seals and California sea lions from the San Benito Archipelago, Mexico. *PLoS ONE*, 11(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155034>

Escalante, F., Valdez-Holguín, J. E., Álvarez-Borrego, S., & Lara-Lara, J. R. (2013). Variación temporal y espacial de temperatura superficial del mar, clorofila a y productividad primaria en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 39(2), 203–215. <https://doi.org/10.7773/cm.v39i2.2233>

Francis, J. M., & 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. In F. Trillmich & K. Ono (Eds.), *Pinnipeds and El Niño: Responses to environmental stress* (88th ed., Vol. 88, pp. 119–128). Berlin, Heidelberg: Springer . <https://doi.org/10.1007/978-3-642-76398-4>

Fritz, L. W., & Hinckley, S. (2005). A critical review of the regime shift-"junk food"-nutritional stress hypothesis for the decline of the western stock of steller sea lion. In *Marine Mammal Science* (Vol. 21, Issue 3, pp. 476–518). Society for Marine Mammology. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2005.tb01245.x>

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. In *Journal of Applied Ichthyology* (Vol. 22, Issue 4, pp. 241–253). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

Funes-Rodríguez, R., Gómez-Gutiérrez, J., & Palomares-García, R. (2007). *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena* (R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez, & R. Palomares-García, Eds.). CICIMAR-IPN. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/16417>

Funes-Rodríguez, R., González-Armas, R., & Esquivel-Herrera, A. (1995). Distribución y composición específica de larvas de peces durante y después de El Niño, en la costa del Pacífico de Baja California Sur (1983-1985). *HIDROBIOLÓGICA*, 5(1, 2), 113–125

García-Aguilar, M. C., & Aurióles-Gamboa, D. (2003). Breeding season of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. *Aquatic Mammals*, 29, 67–76. <https://doi.org/10.1578/016754203101024086>

González-Suárez, M., Flatz, R., Aurióles-Gamboa, D., Hedrick, P. W., & Gerber, L. R. (2009). Isolation by distance among California sea lion populations in Mexico: redefining management stocks. *Molecular Ecology*, 18(6), 1088–1099. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04093.x>

Hanley, D. E., Bourassa, M. A., O'brien, J. J., Smith, S. R., & Spade, E. R. (2003). A Quantitative Evaluation of ENSO Indices. *Journal of Climate*, 16(8), 1249–1258. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)16<1249:AQEOEI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)16<1249:AQEOEI>2.0.CO;2)

Harding, K. C., Fujiwara, M., Axberg, Y., & Härkönen, T. (2005). Mass-dependent energetics and survival in Harbour Seal pups. *Functional Ecology*, 19(1), 129–135. <https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2005.00945.x>

Harwood, L. A., Smith, T. G., & Melling, H. (2000). Variation in reproduction and body condition of the ringed seal (*Phoca hispida*) in western Prince Albert Sound, NT, Canada, as assessed through a harvest-based sampling program. *Arctic*, 422–431.

Haug, T., Biuw, M., Gjørseter, H., Knutsen, T., Lindstrøm, U., MacKenzie, K. M., Meier, S., & Nilssen, K. T. (2021). Harp seal body condition and trophic interactions with prey in Norwegian high Arctic waters in early autumn. *Progress in Oceanography*, 191, 102498. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102498>

Heath C. B. and Ono, K. A. and B. D. J. and F. J. M. (1991). The Influence of El Niño on Female Attendance Patterns in the California Sea Lion. In K. A. Trillmich Fritz and Ono (Ed.), *Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress* (pp. 138–145). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76398-4_15

Hernández-Camacho, C. J., González-López, I., Pelayo-González, L., Aurióles-Gamboa, D., López-Greene, E., & Rosas-Hernández, M. P. (2020). Effective Management of the National Park Espíritu Santo, Through the Governance, Planning, and Design of an Integral Strategy for Los Islotes. En *Socio-ecological Studies in Natural Protected Areas*:

Linking Community Development and Conservation in Mexico (pp. 679-704). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47264-1_33

Hernández-Camacho, C. J., Pelayo-González, L., & Rosas-Hernández, M. P. (2021). California sea lion (*Zalophus californianus*, Lesson 1828). En *Ecology and Conservation of Pinnipeds in Latin America* (pp. 119-143). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63177-2_7

Herrera-Cervantes, H., Lluch-Cota, D. B., Lluch-Cota, S. E., & Gutiérrez-De-Velasco, G. (2007). The ENSO signature in sea-surface temperature in the Gulf of California. *Journal of Marine Research*, 65(5), 589–605. <https://doi.org/10.1357/002224007783649529>

Hidalgo-González, R. M., & Alvarez-Borrego, S. (2004). Total and new production in the Gulf of California estimated from ocean color data from the satellite sensor SeaWiFS. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(6), 739–752. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.05.006>

Iverson S. J. and Oftedal, O. T. and B. D. J. (1991). The Effect of El Niño on Pup Development in the California Sea Lion (*Zalophus californianus*) II. Milk Intake. In K. A. Trillmich Fritz and Ono (Ed.), *Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress* (pp. 180–184). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76398-4_20

Kahru, M., Marinone, S. G., Lluch-Cota, S. E., Parés-Sierra, A., & Mitchell, B. G. (2004). Ocean-color variability in the Gulf of California: Scales from days to ENSO. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(1–3), 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2003.04.001>

Kuhn, C. E., & Costa, D. P. (2014). Interannual variation in the at-sea behavior of California sea lions (*Zalophus californianus*). *Marine Mammal Science*, 30(4), 1297–1319. <https://doi.org/10.1111/mms.12110>

Laake, J. L., Lowry, M. S., DeLong, R. L., Melin, S. R., & Carretta, J. v. (2018). Population growth and status of california sea lions. *Journal of Wildlife Management*, 82(3), 583–595. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21405>

Lavín, M. F., & Marinone, S. G. (2003). An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics: A Tribute to the Scientific Work of Pedro Ripa*, 173–204. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0074-1_11

Lavín, M. F., Palacios-Hernández, E., & Cabrera, C. (2003). Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofísica Internacional*, 42(3), 363–375. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56842308>

Le Boeuf, B. J., Aurióles-Gamboa, D., Condit, R., Fox, C., Gisiner, R., Romero, R., & Sinsal, F. (1983). Size and distribution of the California sea lion population in Mexico. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 43(7), 77–85.

Leung, E. S., Augé, A. A., Chilvers, B. L., Moore, A. B., & Robertson, B. C. (2013). Foraging Behaviour of Juvenile Female New Zealand Sea Lions (*Phocarctos hookeri*) in Contrasting Environments. *PLoS ONE*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062728>

Lluch-Belda, D., Hernández-Rivas, M., Saldierna-Martínez, R., & Guerrero-Caballero, R. (2000). Variabilidad de la temperatura superficial del mar en Bahía Magdalena, BCS. *Oceanides*, 15, 1–23.

Lluch-Cota, S. E., Aragón-Noriega, E. A., Arreguín-Sánchez, F., Aurióles-Gamboa, D., Jesús Bautista-Romero, J., Brusca, R. C., Cervantes-Duarte, R., Cortés-Altamirano, R., Del-Monte-Luna, P., Esquivel-Herrera, A., Fernández, G., Hendrickx, M. E., Hernández-Vázquez, S., Herrera-Cervantes, H., Kahru, M., Lavín, M., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D. B., López-Martínez, J., ... Sierra-Beltrán, A. P. (2007). The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. In *Progress in Oceanography* (Vol. 73, Issue 1, pp. 1–26). <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.01.013>

Lluch-Cota, S. E., Parés-Sierra, A., Magaña-Rueda, V. O., Arreguín-Sánchez, F., Bazzino, G., Herrera-Cervantes, H., & Lluch-Belda, D. (2010). Changing climate in the Gulf of California. *Progress in Oceanography*, 87(1–4), 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.09.007>

Lowry, M. S., & Maravilla-Chávez, O. (2003). Recent abundance of California sea lions in western Baja California, Mexico and the United States. In Institute for wildlife studies (Ed.), *Proceedings of the sixth California Islands symposium* (pp. 485–497).

Lowry, M. S., Nehasil, S. E., & Moore, J. E. (2022). Spatio-temporal diet variability of the California sea lion *Zalophus californianus* in the southern California Current Ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 692, 1–21. <https://doi.org/10.3354/meps14096>

Lubinsky-Jinich, D., Schramm, Y., & Heckel, G. (2017). The pacific harbor seal's (*Phoca vitulina richardii*) breeding colonies in Mexico: Abundance and distribution. *Aquatic Mammals*, 43(1), 73–81. <https://doi.org/10.1578/AM.43.1.2017.73>

Luque, S. P., & Auriolos-Gamboa, D. (2001). Sex differences in body size and body condition of California sea lion (*Zalophus californianus*) pups from the Gulf of California. *Marine Mammal Science*, 17(1), 147–160. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2001.tb00985.x>

McClatchie, S., Field, J., Thompson, A. R., Gerrodette, T., Lowry, M., Fiedler, P. C., Watson, W., Nieto, K. M., & Vetter, R. D. (2016). Food limitation of sea lion pups and the decline of forage off central and southern California. *Royal Society Open Science*, 3(3). <https://doi.org/10.1098/rsos.150628>

McHuron, E. A., Mangel, M., Schwarz, L. K., & Costa, D. P. (2017). Energy and prey requirements of California sea lions under variable environmental conditions. *Marine Ecology Progress Series*, 567, 235–247. <https://doi.org/10.3354/meps12041>

McIntosh, R. R., Arthur, A. D., Dennis, T., Berris, M., Goldsworthy, S. D., Shaughnessy, P. D., & Teixeira, C. E. P. (2013). Survival estimates for the Australian sea lion: Negative correlation of sea surface temperature with cohort survival to weaning. *Marine Mammal Science*, 29(1), 84–108. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2011.00558.x>

Mckenzie, J., Parry, L. J., Page, B., & Goldsworthy, S. D. (2005). Estimation of pregnancy rates and reproductive failure in New Zealand fur seals (*Arctocephalus forsteri*). *Journal of Mammalogy*, 86(6), 1237–1246. <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-085R.1>

McMahon, C. R., & Burton, H. R. (2005). Climate change and seal survival: evidence for environmentally mediated changes in elephant seal, *Mirounga leonina*, pup survival.

Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 272(1566), 923–928.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2004.3038>

McPhaden, M. J., & Zhang, D. (2002). Slowdown of the meridional overturning circulation in the upper Pacific Ocean. *Nature*, 415(6872), 603–608.
<https://doi.org/10.1038/415603a>

Melin, S. R., Orr, A. J., Harris, J. D., Laake, J., DeLong, R. L., Gulland, F. M. D., & Shelbi, S. (2010). Unprecedented mortality of California sea lion pups associated with anomalous oceanographic conditions along the central California coast in 2009. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 51, 182–194.

Melin, S., Orr, A., Harris, J., Laake, J., & DeLong, R. (2012). California sea lions: An indicator for integrated ecosystem assessment of the California current system. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 53, 140–152.

Mellink, E. (2003). Effects of the 1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña events on breeding waterbirds and sea lions in the Upper Gulf of California, México. *Geofísica Internacional*, 42(3), 539–546. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56842326>

Molina-Nieves, M. (2021). *Efecto de eventos de calentamiento en la condición corporal de crías de lobo marino de California, Zalophus Californianus, de los Islotes Bahía de la Paz, B.C.S.* [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Ohman, M., Mantua, N., Keister, J., Garcia-Reyes, M., & McClatchie, S. (2017). ENSO impacts on ecosystem indicators in the California Current System. *Variations. CLIVAR & OCB Newsletter*, 15(1), 8-15. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/83c712gc>

Olivier, P. A., Andrews, R., Burkanov, V., & Davis, R. W. (2022). Diving behavior, foraging strategies, and energetics of female Steller sea lions during early lactation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 550, 151707.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jembe.2022.151707>

Páez-Osuna, F., Sanchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., Alonso-Rodríguez, R., Piñón-Gimate, A., Cardoso-Mohedano, J. G., Flores-Verdugo, F. J., Carballo, J. L., Cisneros-Mata, M. A., & Álvarez-Borrego, S. (2016). Environmental status of the Gulf of

California: A review of responses to climate change and climate variability. *Earth-Science Reviews*, 162, 253–268. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.09.015>

Páez-Rosas, D., Moreno-Sánchez, X., Tripp-Valdez, A., Elorriaga-Verplancken, F. R., & Carranco-Narváez, S. (2020). Changes in the Galapagos sea lion diet as a response to El Niño-Southern Oscillation. *Regional Studies in Marine Science*, 40, 101485. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101485>

Pelayo-González, L., González-Rodríguez, E., Ramos-Rodríguez, A., & Hernández-Camacho, C. J. (2021a). California sea lion population decline at the southern limit of its distribution during warm regimes in the Pacific Ocean. *Regional Studies in Marine Science*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102040>

Pelayo-González, L., Hernández-Camacho, C. J., Auriolles-Gamboa, D., Gallo-Reynoso, J. P., Barba-Acuña, I. D., Godínez-Reyes, C., Ramírez-Delgado, D., Ávalos-Téllez, R., Rubio-Rodríguez, U., & Villalobos, H. (2021b). Effect of environmental variables on the number of births at California sea lion (*Zalophus californianus*) rookeries throughout the Gulf of California, Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(7), 1730–1748. <https://doi.org/10.1002/aqc.3545>

Pozas-Franco, A. (2022). *The influence of diet on the divergebt populations trends of california sea lion (Zalophus californianus) in the channel islands and the gulf of California*. [Master thesis]. The University of British Columbia.

Ramírez-Delgado, D. (2023). *Análisis de la abundancia de lobos marinos (Zalophus californianus), condición corporal, caracterización de la microbiota anal y detección de agentes zoonóticos en la región de las Grandes Islas*. [Tesis de doctorado]. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California.

Riet-Sapriza, F. G., Duignan, P. J., Chilvers, B. L., Wilkinson, I. S., Lopez-Villalobos, N., MacKenzie, D. D. S., MacGibbon, A., Costa, D. P., & Gales, N. (2012). Interannual and individual variation in milk composition of New Zealand sea lions (*Phocarctos hookeri*). *Journal of Mammalogy*, 93(4), 1006–1016. <https://doi.org/10.1644/11-MAMM-A-220.2>

Robinson, H., Thayer, J., Sydeman, W. J., & Weise, M. (2018). Changes in California sea lion diet during a period of substantial climate variability. *Marine Biology*, 165(10). <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3424-x>

Rosen, D. A. S., & Trites, A. W. (2000). Pollock and the decline of Steller sea lions: testing the junk-food hypothesis. *Canadian Journal of Zoology*, 78(7), 1243–1250. <https://doi.org/10.1139/cjz-78-7-1243>

Rosen, D. A. S., & Trites, A. W. (2005). Examining the potential for nutritional stress in young Steller sea lions: Physiological effects of prey composition. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 175(4), 265–273. <https://doi.org/10.1007/s00360-005-0481-5>

Ruelas-Trolentino, J.A., Trasviña-Castro, A. (2017). Hidrografía de la entrada al Golfo de California: La frontera superior del mínimo de oxígeno. *Revista BioCiencias*, 4(5), 1. <https://doi.org/10.15741/revbio.04.05.02>

Sánchez-Cabeza, J. A., Herrera-Becerril, C. A., Carballo, J. L., Yáñez, B., Álvarez-Sánchez, L. F., Cardoso-Mohedano, J. G., & Ruiz-Fernández, A. C. (2022). Rapid surface water warming and impact of the recent (2013–2016) temperature anomaly in shallow coastal waters at the eastern entrance of the Gulf of California. *Progress in Oceanography*, 202, 102746.

Schramm, Y., Mesnick, S. L., de la Rosa, J., Palacios, D. M., Lowry, M. S., Auriolles-Gamboa, D., Snell, H. M., & Escorza-Treviño, S. (2009). Phylogeography of California and Galápagos sea lions and population structure within the California sea lion. *Marine Biology*, 156(7), 1375–1387. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1178-1>

Schwarz, J. F. L., DeRango, E. J., Zenth, F., Kalberer, S., Hoffman, J. I., Mews, S., Piedrahita, P., Trillmich, F., Páez-Rosas, D., Thiboult, A., & Krüger, O. (2022). A stable foraging polymorphism buffers Galápagos sea lions against environmental change. *Current Biology*, 32(7), 1623-1628.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.02.007>

Shirasago-Germán, B., Pérez-Lezama, E. L., Chávez, E. A., & García-Morales, R. (2015). Influence of El Niño-Southern Oscillation on the population structure of a sea lion

breeding colony in the Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 154, 69–76.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.12.024>

Sielfeld, W., Barraza, J., & Amado, N. (2018). Local feeding patterns of the south american sea lion *Otaria byronia*: Case of punta patache, Northern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53(3), 307–319. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2018.53.3.1356>

Soto, K. H., Trites, A. W., & Arias-Schreiber, M. (2004). The effects of prey availability on pup mortality and the timing of birth of South American sea lions (*Otaria flavescens*) in Peru. *Journal of Zoology*, 264(4), 419–428.
<https://doi.org/10.1017/S0952836904005965>

Soto, K. H., Trites, A. W., & Schreiber, A. M. (2006). Changes in diet and maternal attendance of South American sea lions indicate changes in the marine environment and prey abundance. *Marine Ecology Progress Series*, 312, 277–290.

Stewart, J. D., Durban, J. W., Fearnbach, H., Barrett-Lennard, L. G., Casler, P. K., Ward, E. J., & Dapp, D. R. (2021). Survival of the fattest: linking body condition to prey availability and survivorship of killer whales. *Ecosphere*, 12(8).
<https://doi.org/10.1002/ecs2.3660>

Szteren, D., & Aurióles-Gamboa, D. (2011). Regionalización ecológica de las colonias reproductivas de *Zalophus californianus*, como herramienta para su conservación en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 37, 349–368.

Szteren, D., Aurióles-Gamboa, D., & Gerber, L. R. (2006). Population Status and Trends of the California Sea Lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. *Sea Lion of the World Alaska Sea Grant Collage Program*, 369–403.

Trillmich, F., & Ono, K. A. (Eds.). (1991). Pinnipeds and El Niño: responses to environmental stress (Vol. 88). *Springer Berlin Heidelberg* <https://doi.org/10.1007/978-3-642-76398-4>

Trites, A. W., & Jonker, R. A. H. (2000). Morphometric measurements and body condition of healthy and starveling Steller sea lion pups (*Eumetopias jubatus*). *Aquatic Mammals*, 26(2), 151–157.

Tseng, Y. H., Ding, R., & Huang, X. M. (2017). The warm Blob in the northeast Pacific - The bridge leading to the 2015/16 El Niño. *Environmental Research Letters*, 12(5). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa67c3>

Valdéz-Holguín, J. E., & Lara-Lara, J. R. (1987). Primary Productivity In The Gulf Of California Effects Of El Niño 1982-1983 Event. *Ciencias Marinas*, 13(2), 34–50. <https://doi.org/10.7773/cm.v13i2.533>

Villegas-Amtmann, S. (2009). *Seasonal variation in the physiological ecology of the Galapagos (Zalophus wolfebaeki) and California (Zalophus californianus) sea lions*. [PhD thesis]. University of California, Santa Cruz.

Villegas-Amtmann, S., McDonald, B. I., Páez-Rosas, D., Aurióles-Gamboa, D., & Costa, D. P. (2017). Adapted to change: Low energy requirements in a low and unpredictable productivity environment, the case of the Galapagos sea lion. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 140, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.05.015>

Villegas-Amtmann, S., Simmons, S. E., Kuhn, C. E., Huckstadt, L. A., & Costa, D. P. (2011). Latitudinal range influences the seasonal variation in the foraging behavior of marine top predators. *PLoS ONE*, 6(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023166>

Wang, C., Deser, C., Yu, J.-Y., DiNezio, P., & Clement, A. (2017). El Niño and Southern Oscillation (ENSO): A Review. In P. W. Glynn, D. P. Manzello, & I. C. Enochs (Eds.), *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment* (pp. 85–106). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_4

Warlick, A., & Mesnick, S. (2013). The Impacts of El Niño Conditions on California Sea Lion (*Zalophus californianus*) Fisheries Interactions: Predicting Spatial and Temporal Hotspots Along the California Coast. *Aquatic Mammals*, 39. <https://doi.org/10.1578/AM.39.3.2013.221>

Weise, M. J., Costa, D. P., & Kudela, R. M. (2006). Movement and diving behavior of male California sea lion (*Zalophus californianus*) during anomalous oceanographic conditions of 2005 compared to those of 2004. *Geophysical Research Letters*, 33(22). <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2006GL027113>

Weise, M. J., & Harvey, J. T. (2008). Temporal variability in ocean climate and California sea lion diet and biomass consumption: implications for fisheries management. *Marine Ecology Progress Series*, 373, 157–172. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v373/p157-172/>

Wheatley, K. E., Bradshaw, C. J. A., Davis, L. S., Harcourt, R. G., & Hindell, M. A. (2006). Influence of maternal mass and condition on energy transfer in Weddell seals. *Journal of Animal Ecology*, 75(3), 724–733. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01093.x>