

**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA**

**Escuela de Ciencias**

**Departamento de Ciencias Químico-Biológicas**

**UDLAP®**

Distribución potencial del delfín común de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*) en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California

Tesis que, para completar los requisitos del Programa de Honores presenta el  
estudiante

Eduardo Roberto Velasco Hernández

166300

Licenciatura en Biología

Co-directores de Tesis

Dr. Alejandro Arias del Razo, M. en C. Héctor Pérez Puig

San Andrés Cholula, Puebla.

Primavera 2024

## Hoja de firmas

Tesis que, para completar los requisitos del Programa de Honores presenta el estudiante Eduardo Roberto Velasco Hernández 166300

### **Director de Tesis**

---

Dr. Alejandro Arias del Razo

### **Co-director de Tesis**

---

M. en C. Héctor Pérez Puig

### **Presidente de Tesis**

---

<<Nombre del Presidente de Tesis>>

### **Secretario de Tesis**

---

<<Nombre el Secretario de Tesis>>

## Resumen

Este trabajo brinda una caracterización sobre la distribución potencial del delfín común de rostro largo, *Delphinus delphis bairdii*, en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Se encontró que entre las variables ambientales que mejor explican la distribución de la especie, se encuentran aquellas relacionadas con salinidad, temperatura superficial del mar, productividad (fitoplancton y clorofila) y batimetría. La mayor probabilidad de ocurrencia de la especie en la región se presentó en los intervalos de salinidad entre los 34.8 psu y 35.4 psu; entre los 12 °C y 16°C de temperatura superficial del mar, a zonas con una batimetría entre los 500m y 100m de profundidad y a valores de clorofila entre los 2 y los 10 mg/m<sup>3</sup>. Los mapas de distribución potencial mostraron una alta probabilidad de ocurrencia en la zona central del Golfo de California destacando la importancia de la Región de las Grandes Islas.

## Abstract

This work provides a characterization of the potential distribution of the long-faced common dolphin, *Delphinus delphis bairdii*, in the Eastern Region of the Great Islands of the Gulf of California. It was found that among the environmental variables that best explain the distribution of the species are those related to salinity, sea surface temperature, productivity (phytoplankton and chlorophyll) and bathymetry. The highest probability of occurrence of the species in the region occurred in the salinity intervals between 34.8 psu and 35.4 psu; between 12 °C and 16 °C sea surface temperature, to areas with a bathymetry between 500m and 100m deep and to chlorophyll values between 2 and 10 mg/m<sup>3</sup>. The potential distribution maps showed a high probability of occurrence in the central area of the Gulf of California, highlighting the importance of the Midriff Island Region.

A mis papas, hermanos, Ameyali y Karen que cuando estoy a su lado mi vida está completa

## Agradecimientos

Al Programa de Mamíferos Marinos del Centro de estudios Culturales y Ecológicos Prescott Colleague A. C y a la directora Lorayne Meltzer por la oportunidad de poder colaborar con el programa. Igualmente quisiera agradecer a mi mentor el M. C Héctor Pérez Puig por su mentoría y por todo su apoyo durante estos años al brindarme parte de su conocimiento.

Al Programa de Honores de la UDLAP y especialmente al Dr. Alejandro Arias del Razo por su acompañamiento en mi formación profesional y al brindarme herramientas y apoyo en mi aprendizaje. También al Dr. Paul Michael Ramsey y a la Dra. Roberta Marques por su asesoramiento.

A mi familia por haberme acompañado y apoyado en mi caminar, a mis amigos quienes han crecido conmigo y con los que comparto tantas experiencias.

## Índice

Resumen .....	3
Abstract.....	4
Agradecimientos.....	6
Lista de Tablas.....	9
Lista de Figuras .....	10
Introducción.....	12
Objetivos.....	14
Objetivo general .....	14
Objetivos específicos.....	14
Hipótesis.....	14
Marco teórico.....	14
Biología de la especie.....	15
Distribución .....	16
Abundancia.....	18
Alimentación .....	18
Reproducción.....	19
Modelos de nicho ecológico.....	20

MaxEnt .....	20
NicheToolBox .....	21
Antecedentes.....	22
Método.....	23
Área de estudio .....	23
Trabajo de campo .....	27
Registro de ocurrencias .....	28
Elección de variables .....	29
Descarga .....	29
Recorte de capas y resolución .....	33
Filtrado de variables .....	35
Proceso de modelado .....	41
Resultados.....	44
Validación de modelos .....	44
Mapas de predicción y contribución de las variables.....	48
Contribución de las variables .....	51
Curvas de respuesta .....	56
Discusión .....	61
Conclusión .....	69
Referencias .....	70

## Lista de Tablas

Tabla 1. Variables ambientales a resolución de 3 arcmin obtenidas de Bio-ORACLE (Assis, et al., 2018).....	30
Tabla 2 Temporadas y sus meses correspondientes .....	33
Tabla 3. Variables con una distribución normal.....	35
Tabla 4. Variables con una distribución no normal.....	36
Tabla 5. Variables seleccionadas después del filtrado por el coeficiente de correlación de Spearman .....	38
Tabla 6. Variables usadas para el Modelo General .....	39
Tabla 7. Variables usadas para los Modelos de las temporadas cálida y fría.....	40
Tabla 8. Rendimiento de los 9 modelos usados para determinar la distribución potencial de delfines comunes de rostro largo .....	45

## Lista de Figuras

Figura 1. Morfología general del delfín común de rostro largo <i>D. delphis bairdii</i> (tomado de Heckel et al., 2018).....	16
Figura 2. Distribución del delfín común de rostro largo, <i>Delphinus delphis bairdii</i> , en aguas de México (Heckel et al., 2018). .....	17
Figura 3. Batimetría y principales lechos marinos dentro de la Región de las Grandes Islas del Golfo de California (Tomado de Navarro et al., 2016). .....	25
Figura 4. Área de estudio mostrando la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California y las aguas adyacentes a Bahía de Kino, Sonora.....	26
Figura 5. Polígono usado para el recorte de las capas .....	34
Figura 6. Diagrama de flujo sobre los pasos realizados para el modelado en MaxEnt.....	42
Figura 7. Tasas de omisión del entrenamiento, el área prevista en función del umbral acumulativo del Modelo General (a), Modelo de Temporada Cálida (b) y Modelo de Temporada Fría (c) .....	46
Figura 8. Curvas ROC para los modelos evaluados. El AUC máximo alcanzable es menor que 1. Se muestran los resultados del Modelo de Bootstrap para el Modelo General (a), Temporada Cálida (b) y Temporada Fría (c).....	48
Figura 9. Mapa de distribución potencial para el delfín común de rostro largo ( <i>Delphinus delphis bairdii</i> ) considerando el Modelo General.....	49
Figura 10. Mapa de distribución potencial para el Modelo de la Temporada Fría.....	50
Figura 11. Mapa de distribución potencial para el Modelo de la Temporada Cálida.....	51
Figura 12. Modelos Jackknife sobre la contribución de las variables para el Modelo General en los formatos de salida Bootstrap (a), Raw (b) y C-log-log(c) .....	53

Figura 13. Modelos Jackknife sobre la contribución de las variables para el Modelo de Temporada Cálida en los formatos de salida Bootstrap (a), Raw (b) y C-log-log(c).....	54
Figura 14. Modelos Jackknife sobre la contribución de las variables para el Modelo de Temporada Fría en los formatos de salida Bootstrap (a), Raw (b) y C-log-log(c).....	56
Figura 15. Curvas de respuesta para la variable de Salinidad media superficial presente (present_surface_salinity_mean), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b).....	57
Figura 16. Curvas de respuesta para la variable de Temperatura mínima superficial presente (present_surface_temperature_min), en el Bootstrap (a) y Cloglog (B). ....	58
Figura 17. Curvas de respuesta para la variable de Batimetría (batimetria_ajustado), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b).....	59
Figura 18. Curvas de respuesta para la variable Clorofila en el mes de Mayo (mayo_promedio_clorila), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b). ....	59
Figura 19. Curvas de respuesta para la variable Temperatura en el mes de Febrero (febrero_promedio_clorila), en el Bootstrap (a) y Cloglog (B).....	60
Figura 20. Curvas de respuesta para la variable Clorofila en el mes de octubre (octubre_promedio_clorofila_ajustado), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b). ....	61

## Introducción

México tiene una presencia importante en cuanto la diversidad de mamíferos marinos. Con una mayor riqueza en la región de la costa occidental de Baja California, seguida del Golfo de California, el Golfo de México – Mar Caribe y por último el Pacífico Sur mexicano, además de otras especies provenientes de diferentes regiones biogeográficas, como el Pacífico Norte, el Atlántico norte, especies pantropicales y endémicas (Torres *et al.*, 1995). Una de las familias de cetáceos más diversa es la familia Delphinidae, en la cual el género *Delphinus* es uno con los de mayor presencia y distribución. Si bien las investigaciones realizadas en torno al género son relativamente recientes, se ha determinado que se compone de dos especies: el delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis delphis*) y el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*; Tavares *et al.*, 2010). Sin embargo, existe una discusión en cuanto a la posición taxonómica y nombre de la especie *D. capensis*, distribuida al Pacífico nororiental (SMM, 2021). Su estado de conservación se establece como datos deficientes (Medrano & Urbán, 2019), resaltando la importancia de investigaciones en torno a esta especie.

El delfín común de rostro largo (*D. delphis bairdii*), se diferencia de otras especies del género por la medida más larga del rostro (van Bree & Purves, 1972; Perrin *et al.*, 2009). Es el cetáceo más común y abundante en el Golfo de California, con una distribución costera en zonas con altos valores de producción primaria (Gallo-Reynoso *et al.*, 2014). Esta especie de delfín común funge como depredador primario en las cadenas tróficas marinas, estabilizando las poblaciones de peces de las que se alimentan, evitando así la disminución de otras fuentes de alimento que puedan afectar a otras especies (Briones *et al.*, 2020). También estos delfines comunes son considerados indicadores de compuestos

organoclorados en la región del Golfo de California, debido a su posición trófica alta y su dieta alta en grasas (Gallo-Reynoso *et al.*, 2015). De igual forma, su dependencia a la calidad ambiental de sus hábitats ocasiona que cambios como un aumento en la temperatura del mar, en la abundancia o en la distribución de sus presas o la sobrepesca, puedan generar distintas afectaciones en las poblaciones de esta especie (Ambrose *et al.*, 2013).

La información disponible acerca de la especie *D. delphis bairdii*, es escasa y relativamente reciente, ya que investigaciones anteriores consideraban a *D. delphis bairdii* como *D. capensis* (nombre que se aplicaba a todas las poblaciones de especies de rostro largo (Banks & Brownell, 1969). Sin embargo, estudios taxonómicos recientes permitieron establecer a *D. delphis bairdii* como una especie aparte, además de sugerir que se dejará de usar el nombre de *D. capensis* para especies con esta característica (Nicolosi & Loy, 2021; SMM). No obstante, discernir entre la información propia de la especie y otras similares con las características de rostro largo dificulta la disponibilidad y veracidad de la información. En este contexto, la generación de conocimiento toma relevancia, al brindar información tanto general (morfología, alimentación, distribución) como específica (relación con otros organismos, preferencia de hábitat, rol ecológico) que favorezca el diseño y establecimiento de estrategias y áreas que permitan la conservación de las especies y sus poblaciones (Olden *et al.*, 2010). Con relación a lo anterior, la presente investigación tiene por objetivo realizar un análisis acerca de la distribución espacial en el delfín común de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*) en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California.

## Objetivos

### Objetivo general

- Modelar la distribución potencial del delfín común de rostro largo *Delphinus delphis bairdii* en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California

### Objetivos específicos

- Determinar las variables ambientales que mayormente influyen en la distribución espacial de *D. delphis bairdii*.
- Realizar una aproximación sobre el nicho ecológico de *D. delphis bairdii* en la Región de las Grandes Islas del Golfo de California representada en el espacio geográfico.

## Hipótesis

- El delfín común de rostro largo *Delphinus delphis bairdii* tiene una alta probabilidad de ocurrencia en el área de la Región de las Grandes Islas del Golfo de California porque encuentra condiciones ambientales, como temperatura superficial del mar y alta productividad adecuadas que afectan su distribución espacial que en cualquier otra área dentro del Golfo.

## Marco teórico

El reconocimiento de los delfines comunes (*Delphinus spp.*) y de las especies que componen al género es muy reciente además de controvertido, ya que desde la descripción original del género se han descrito más de veinte especies; debido a su gran variabilidad morfológica, tamaño y coloración y a la falta de estudios sobre los especímenes, lo que generó un estatus poco claro del género (Richard & Brownell, 1969). Estudios moleculares y morfológicos sobre el género *Delphinus* identifican dos especies: el delfín común de rostro corto

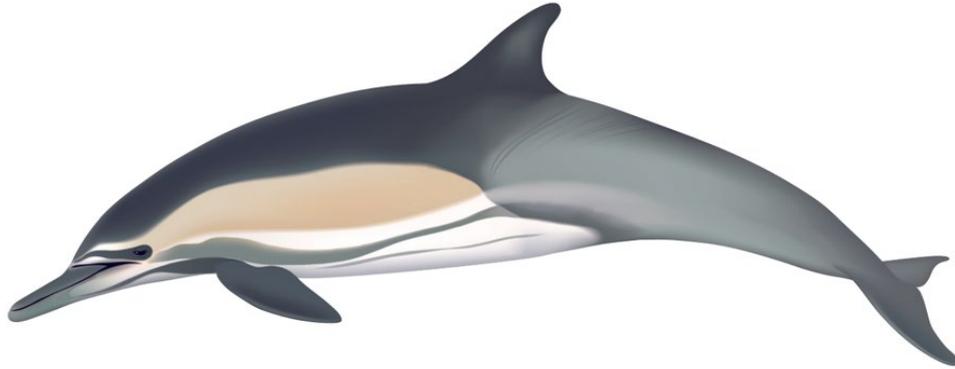
(*Delphinus delphis delphis*) y el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*; Richard & Brownell., 1969). En cuanto a la especie de rostro largo, su presencia y descripción en diversas locaciones dieron lugar a una sinonimia de *D. capensis* y *D. delphis bairdii* (Segura-García *et al.*, 2016). La evidencia genética reciente, apunta a que *D. capensis* ha evolucionado de manera independiente en diferentes regiones (Natoli *et al.*, 2006) apuntándolo como un taxón polifilético, por lo que la condición característica de estos delfines, como en el caso del de rostro largo, es considerada como un estado de carácter convergente inducido por la ecología en donde se desarrolla la especie (SMM, 2021).

Por lo anterior, Cunha, *et al.* (2015), señalaron que, dado que no parece haber un cruzamiento entre los delfines comunes simpátricos y parasimpátricos, tanto de rostro corto como de rostro largo, distribuidos frente a California en el Pacífico nororiental, el nombre de *D. capensis* no se use más, y que estos sean reconocidos como una especie separada denominada *D. delphis bairdii*. En cuanto a las demás especies, *D. capensis* de Sudáfrica se mantiene en sinonimia de *D. delphis*, y la especie del Océano Índico, *D. delphis tropicallis*, se conserva como una subespecie (SMM, 2021). El presente trabajo de investigación se centra en el estudio de la especie de delfín común de rostro largo, *Delphinus delphis bairdii*.

### Biología de la especie

La morfología básica se comparte en ambas especies, sin embargo *D. delphis bairdii* se diferencia principalmente de *D. delphis* por un rostro más largo, además de una morfología corporal más larga, esbelta y el melón con una forma más plana. La especie presenta un patrón de coloración de reloj de arena lateral que forma una V debajo de la aleta dorsal y cuenta con una coloración más tenue y el parche dorsal es más oscuro. Tienen más

desarrollada la banda que va desde la aleta dorsal al ano y el parche del ojo es más claro (Heyning & Perrin., 1994; Fig.1).



*Figura 1.* Morfología general del delfín común de rostro largo *D. delphis bairdii* (tomado de Heckel *et al.*, 2018)

El promedio de tamaño para la especie esta entre 2 a 2.6 m de longitud para los machos, mientras que en las hembras es ligeramente menor de 1.90 a 2.3 m. El peso es igualmente variante; sin embargo, se estima alrededor de 235 kg (Perrin *et al.*, 2009), las variaciones en peso y longitud se relacionan con el área en donde se distribuya la especie. El número de dientes con los que cuentan se ha estimado en un intervalo entre 47 a 60 dientes por rama mandibular (Perrin *et al.*, 2009; Heckel *et al.*, 2018). Debido a la gran diversidad que presenta este género, pueden presentarse otras características, como las expuestas por la subespecie *D. delphis tropicallis*, quien presenta una mayor longitud en el rostro y una mayor cantidad de dientes (Segura-García *et al.*, 2016).

### Distribución

La costa occidental de la península de California (desde el sur de California, Estados Unidos hasta Cabo San Lucas, B.C.S, México) es considerada como una zona de distribución simpátrica para las dos especies de delfín común (*Delphinus delphis* y *Delphinus capensis*; Caicero García, 2015). La especie *D. delphis bairdii*, es comúnmente encontrada en la costa

oeste de los Estados Unidos con una distribución desde California hasta Baja California incluyendo el Golfo de California, además de la parte costera de la península de Baja California, siendo estos tres últimos sitios parte del territorio mexicano (Fig.2), con un límite de distribución estimado a los 22°N (Heckel *et al.*, 2018). Se han reportado avistamientos frente a la costa de Sonora, donde se consideró a la especie como residente antes de 2014 (Brown, 2019). La distribución de esta especie se da en zonas de surgencia (Gallo-Reynoso & Alessio-Robles, 1989; Gallo-Reynoso, 1998) lo que se relaciona con una alta producción primaria que determina la distribución de sus presas, especialmente en zonas costeras (Álvarez-Borrogo, 1983; Gallo-Reynoso *et al.*, 2014).

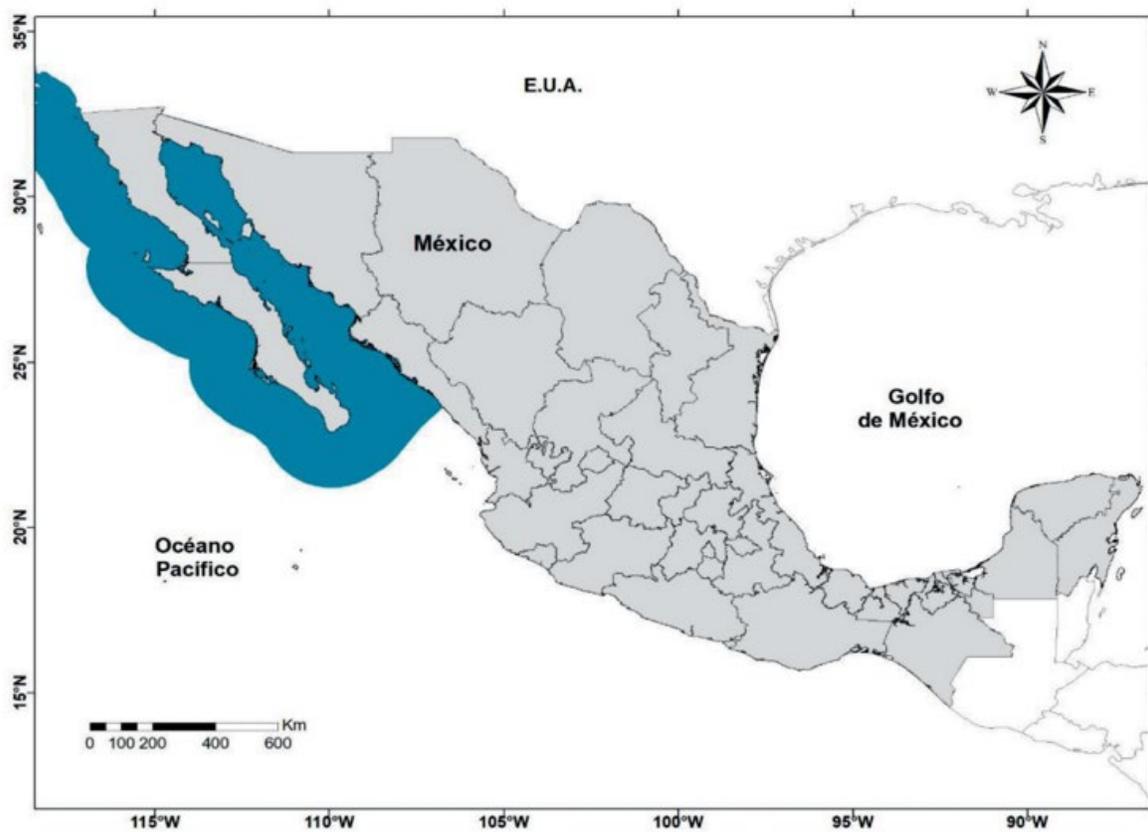


Figura 2. Distribución del delfín común de rostro largo, *Delphinus delphis bairdii*, en aguas de México (Heckel *et al.*, 2018).

### Abundancia

En cuanto a su abundancia, de manera general, forman manadas desde unos pocos individuos hasta miles (Torres *et al.*, 1986). Para *D. delphis bairdii*, se estimó una abundancia de 55,112 individuos en aguas mexicanas del Océano Pacífico y 69,456 para el Golfo de California entre 1986 y 1993 (Heckel, *et al.* 2018), mientras que datos más actuales brindan una abundancia total de la especie en aguas de la costa oeste de California y Baja California de 279,182 individuos (Carretta *et al.*, 2011). Los desplazamientos que realiza el delfín común de rostro largo ocurren a lo largo del Golfo de California, agregándose hacia la mitad del Golfo en primavera-verano, realizando una migración a la mitad del sur del Golfo en otoño-invierno (Gallo-Reynoso *et al.*, 2015), sin embargo, estos movimientos no son considerados como grandes migraciones a diferencia de lo mostrado en Misticeetos (Valles Jiménez, 1998).

### Alimentación

En general los delfines comunes se alimentan de una gran variedad de organismos como son los peces mesopelágicos, calamares, especies epipelágicas formadoras de cardúmenes como: escombroideos, cupleoideos y calamares de importancia comercial (Perrin *et al.*, 2009). No obstante, la dieta varía con relación a la zona y la estación; por ejemplo, los delfines comunes reportados en el Atlántico occidental consumen una mayor cantidad de calamares y presentan inmersiones de alimentación de hasta 200 m, aunque la mayoría de las inmersiones son realizadas a menos de 100 m (Perrin *et al.*, 2009).

En el Golfo de California el delfín común de rostro largo, *D. delphis bairdii*, presenta una alimentación variada basada en sardinas (*Sardinops sagax*, *Opisthonema libertate*, *Harengula thrissina*), macarelas (*Scomber japonicus*), anchovetas (*Engraulis mordax*),

merlusas (*Merluccius productus*; Torres *et al.*, 1986), sardina japonés (*Etrumeus teres*), anchoa (*Cetengraulis mysticetus*), caballa del Pacífico (*Scomber japonicus*), peces linterna (*Triphoturus mexicanus* y otros mictófidis), y calamares neríticos (*Lolliguncula panamensis*, *Loliolopsis diomedae*; Gallo-Reynoso *et al.*, 2015).

### Reproducción

En cuanto a los hábitos reproductivos, la especie *D. delphis bairdii* en el Golfo de California, alcanza la madurez sexual a los 9 años tanto en hembras como en machos (Torres *et al.*, 1986), sin embargo, ésta puede variar según la región en la que se encuentre. Los delfines comunes en el Mar Negro presentan su madurez a los 3 años, mientras que en el Océano Pacífico oriental y el Océano Atlántico occidental en un intervalo entre 7-12 años, siendo 2-4 años para los machos y de 6-8 años para las hembras. El grado de dimorfismo sexual presente sugiere más bien una competencia en cuanto al tamaño de los testículos y del esperma, además de presentar un sistema de reproducción promiscuo (Perrin *et al.*, 2009).

La gestación dura entre 10-11 meses, y suelen tener una cría por parto (Torres *et al.*, 1986), siendo el rango de longitud al nacer de entre 80 y 93 cm. El intervalo de partos es variado en las subespecies alrededor del mundo, siendo de un año en las del Mar Negro y de unos 3 años en el Pacífico oriental. El destete ocurre a partir de los 5-6 meses en la región del Mar Negro y se infiere que esto ocurra más tarde en otras regiones. La edad máxima que se ha estimado indica un promedio de 30 años para ambos sexos en la región del Océano Atlántico noroccidental. La gran variación que se presenta se puede explicar por las diferencias en los métodos de determinación de la edad y los sesgos que pueden presentarse en los muestreos. *D. capensis* ha presentado posibles eventos de hibridación con el delfín

oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*) y el tursión (*Tursiops truncatus*). No obstante, estos eventos han ocurrido en organismos bajo cautiverio (Perrin *et al.*, 2009).

### Modelos de nicho ecológico

Los modelos de nicho ecológico son herramientas bioinformáticas que permiten por medio de datos de presencia, la estimación de la distribución geográfica tanto actual como potencial del organismo de estudio (Guisan & Zimmermann, 2000), y así inferir información de la ecología de la especie, sus requerimientos y el mapeo de sus distribuciones potenciales (Austin, 2002). En el caso de los delfines comunes, una de las herramientas que puede brindar información acerca de la distribución de los organismos son los Modelos de Idoneidad del Hábitat de Especies (MIHE; Caicero García, 2015), en estos se combinan los registros sobre las ocurrencias de las especies con distintas variables ambientales, y partir de esta información es posible la determinación de los distintos sitios de distribución de la especie. Dentro de este tipo de métodos para el modelaje de la distribución se encuentran otras herramientas estadísticas como los modelos lineales generalizados, algoritmos genéticos (GARP- Genetic algorithm for rule set prediction) y métodos de máxima entropía (MaxEnt- Maximun entropy). Estos métodos pueden basarse en registros presencia-ausencia, de solo presencia o en la abundancia de especies (Guisan & Thuiller, 2005).

### MaxEnt

El modelo MaxEnt es una de las herramientas más populares para la distribución de las especies y el modelado de nichos ambientales (Merow, 2013), lo que lo ha colocado como uno de los métodos más populares y de mejor rendimiento (Bradie & Leung, 2017). Además de que, se considera que puede hacerse útil ante datos escasos, muestreos irregulares y errores en la ubicación (Kramer-Schadt *et al.*, 2013). MaxEnt es un método de alto rendimiento para

los modelos de distribución de especies (SDM) que permite el uso de datos sólo de presencia disponibles (Elith *et al.*, 2006). Igualmente permite la evaluación del rendimiento de los modelos al generar curvas llamadas de Características de Funcionamiento del Receptor (ROC, por sus siglas en inglés) para el análisis de todos los umbrales posibles por medio del Área Bajo la Curva (AUC, por sus siglas en inglés). Este último brinda al modelo la capacidad para poder discriminar entre los sitios donde una especie está presente en contraste con aquellos en los que se encuentra ausente (Caicero García, 2015). De igual forma, el programa MaxEnt permite realizar análisis en paralelo a la construcción de modelos de distribución, lo que permite evaluar las variables ambientales y así determinar cuáles condicionan en mayor grado, la distribución de la especie (Svendsen, 2017).

#### NicheToolBox

Este software puede ser usado como parte de un script o por medio de una interfaz gráfica de usuario. Esto a través de lenguajes de programación como R o Python. Este software permite realizar los procesamientos realizados en el modelado de nichos ecológicos como la descarga y procesamiento de datos, la obtención y transformación de capas de datos ambientales, la selección de variables ambientales, la exploración de relaciones entre los espacios geográficos y ambientales, la calibración y selección de modelos de elipsoides, la evaluación de los modelos a través de pruebas ROC tanto binomiales como parciales, la evaluación sobre los riesgos de extrapolación y la realización de operaciones de SIG. A través del uso de este software se permite un uso tanto rápido como sencillo para el procesamiento de datos ambientales y de ocurrencia para la evaluación de modelos sobre la distribución de especies en el espacio geográfico (Osorio-Olvera *et al.*, 2020). En este trabajo se hará uso de la

herramienta que el software incorpora para determinar las fuertes correlaciones entre las variables ambientales consideradas.

### Antecedentes

La distribución de las especies tanto de delfines como de otros cetáceos, esta determinimnada por la presencia de variables ambientales. Para las especies de delfines moteados del Atlántico (*Stenella frontalis*) y tursiones (*Tursiops truncatus*) distribuidas en las costas del estado de Aragua, Venezuela, y las preferencias de uso de hábitat fueron estimadas por medio del coeficiente de uso de área (UA), y el índice de actividad (IA), indicando que el factor determinante en la distribución de ambas especies fue la profundidad, debido a su importancia en la alimentación y el descanso (Herrera-Trujillo *et al.* 2008; Azzellino *et al.*, 2008). Otras investigaciones sobre el género *Stenella*, distribuidos en el suroeste del Océano Atlántico indicaron el uso de variables como la batimetría, salinidad, concentración de clorofila- a (valores mensuales y anuales) y la temperatura superficial del mar (en intervalos anuales y mensuales) como las variables importantes (do Amaral *et al.*, 2015). De igual forma las variables de profundidad del fondo marino, la pendiente del fondo, la distancia a la costa y la temperatura superficial del mar (TSM), podrían considerarse como variables generales, ya que no sólo se han considerado en especies de delfines, sino que también a otros mamíferos marinos (Barragán-Barrera *et al.*, 2019; Svendsen, 2017). En cuanto al género *Delphinus*, investigaciones sobre el delfín común de rostro corto, *Delphinus delphis*, los modelos para determinar su distribución en la costa de Portugal, se basaron en la temperatura superficial del mar, concentración de clorofila y profundidad (Moura *et al.*, 2012; Barragán-Barrera *et al.*, 2019) considerándose como las variable que cuentan con el mayor porcentaje

de uso, además de brindar mejores resultados para la determinación del área (Moura *et al.*, 2012; Barragán-Barrera *et al.*, 2019).

## Método

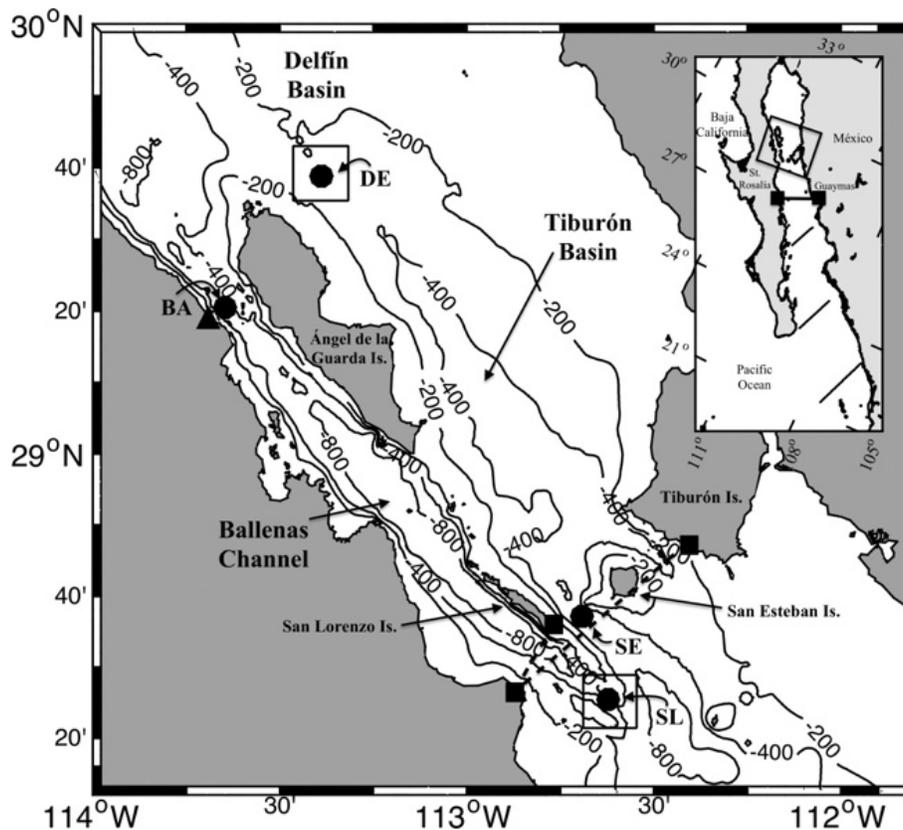
### Área de estudio

El Golfo de California, también conocido como Mar de Cortés (Lluch-Cota *et al.*, 2007), se localiza en el noreste de México, entre los estados de Sonora y Sinaloa al este y la Península de Baja California al oeste, además del Océano Pacífico al sur (Mascarenhas *et al.*, 2000). Cuenta con una longitud de 1,400 km y un ancho que varía entre los 150 y 200 km (Lavín & Marinone, 2003), cubre aproximadamente 260,000 km<sup>2</sup> (CONANP, 2014) y posee 922 islas (SEMARNAT, 2018) que crean un mosaico de hábitats aislados que causan una alta incidencia de especies endémicas (Enríquez-Andrade *et al.*, 2005).

Se reconocen tres regiones biogeográficas en la zona. El Golfo norte, que se extiende desde el Delta del Río Colorado hacia el sur hasta la Región de las Grandes Islas (Brusca *et al.*, 2004), siendo las más grandes, Islas Tiburón con 1,000 km<sup>2</sup>, e Isla Ángel de la Guarda con 931 km<sup>2</sup> (Case & Cody 1983). El Golfo central que se extiende desde la Región de las Grandes Islas hasta Guaymas, Sonora, y Punta Coyote, en Baja California Sur; y por último la región del Golfo sur, la cual se extiende hasta Cabo Corriente, Jalisco, y Cabo San Lucas en la Península de Baja California (Álvarez-Borrogo & Lara-Lara, 1991).

En cuanto a la batimetría, la entrada del Golfo de California cuenta con profundidades que se extienden hasta los 2,500 m en la Cuenca Pescadero, lo que permite el libre intercambio entre el Pacífico y el Golfo (Mascarenhas *et al.*, 2000); igualmente, las cuencas tanto del Golfo central como del sur alcanzan profundidades importantes, como la cuenca de

Guaymas (2,000 m), la cuenca del Carmen (2,700 m), cuenca del Farallón (3,150 m) y la cuenca del Pescador (3,500 m; Brusca *et al.*, 2004). Los principales lechos marinos en la Región de las Grandes Islas están entre Isla San Esteban, Isla San Lorenzo, Cuenca Delfín y el Canal de Ballenas, que limitan la mezcla de agua entre cuencas cercanas (López *et al.*, 2006). El umbral con mayor profundidad es el de Isla San Esteban (600 m) y éste juncon con Isla San Lorenzo (400 m) se ubican al sur de la Región de las Grandes Islas y controlan la entrada a dos cuencas no conectadas debajo de los 200 m. El umbral de Isla San Lorenzo es la entrada sur al Canal de Ballenas, que tiene profundidades de más de 1,500 m, seguido de la cuenca Delfín (800 m) y Tiburón (440 m). La importancia de estos lechos marinos se debe a que regulan el intercambio de agua entre las regiones del Golfo (Fig. 3; Navarro *et al.*, 2016).



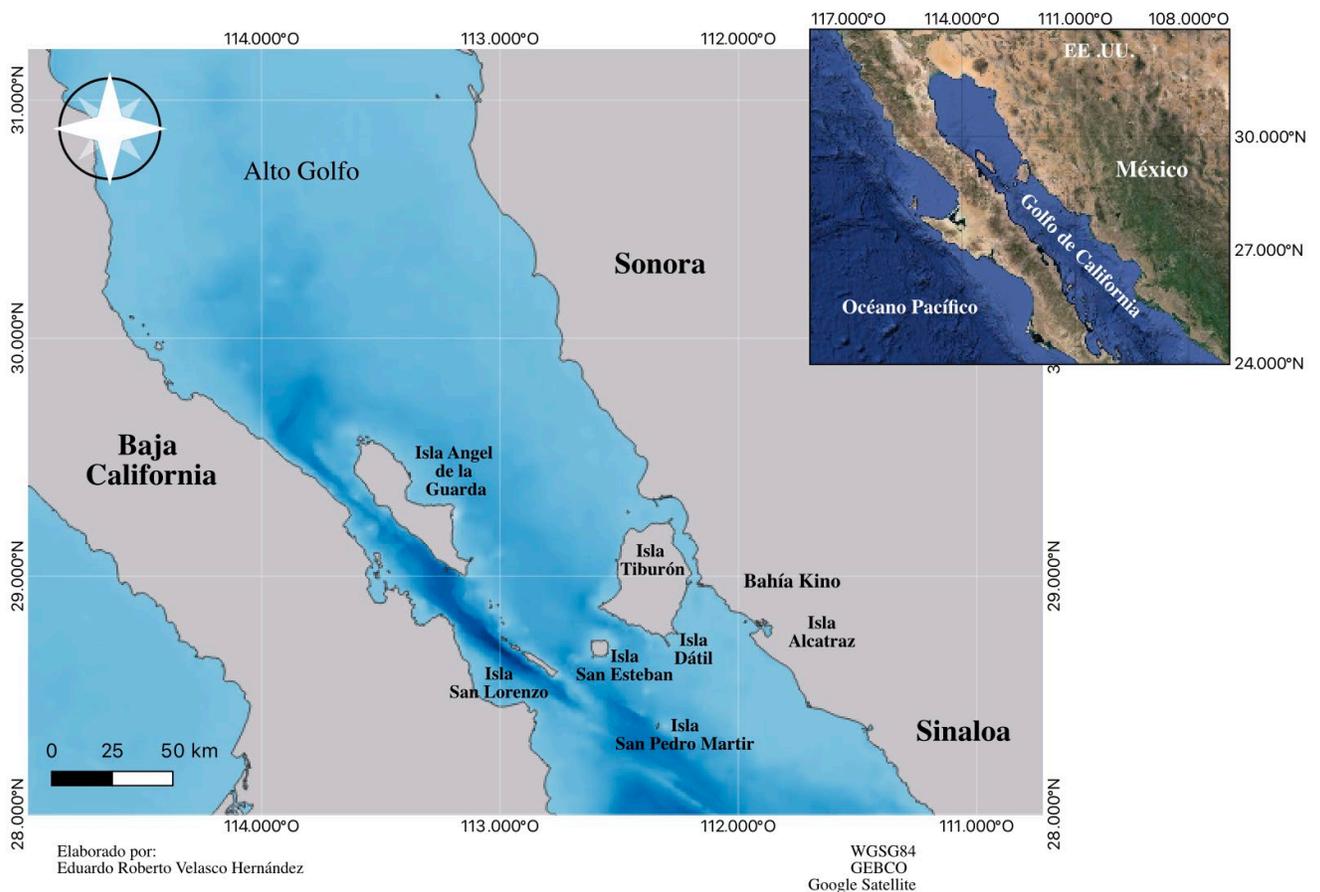
*Figura 3.* Batimetría y principales lechos marinos dentro de la Región de las Grandes Islas del Golfo de California (Tomado de Navarro et al., 2016).

El Golfo también es descrito como una zona de alta productividad primaria, principalmente por el enriquecimiento provocado por la mezcla de marea alrededor de la Región de las Grandes Islas durante el año. Esto genera un flujo continuo de agua fría rica en nutrientes en la zona eufótica, y un refugio termal para especies con preferencia a climas templados (Lluch-Cota *et al.*, 2007).

La Región de las Grandes Islas cuenta con una estacionalidad marcada en dos temporadas, la “temporada cálida” que abarca los meses de julio a octubre, mientras la “temporada fría” que ocurre de los meses de diciembre a mayo, presentándose dos periodos de transición en los meses de junio y noviembre (Hidalgo-González & Álvarez-Borrego 2004; Burgos Othón., 2018). La región presenta una temperatura media anual de 24° C (Enríquez-Andrade *et al.*, 2005). No obstante, ésta puede presentar variaciones de temperatura dependiendo de la región, ya que el Golfo norte es en donde se presentan las temperaturas más extremas (Lavín & Marinone, 2003).

El Golfo posee un tipo de ambiente templado-cálido en invierno, donde las temperaturas descienden a un mínimo de 8° - 12° C; mientras que en el verano se tiene un incremento de 30° C, y la región es principalmente tropical. Sin embargo, en la Región de las Grandes Islas la temperatura se mantiene constantemente fría debido a la mezcla de mareas en la zona (Badan-Dangon, *et al.*, 1985) al igual que otras condiciones como la concentración de clorofila (Kahru *et al.*, 2004). Las precipitaciones ocurren con mayor frecuencia durante el verano, al igual que el transporte de vapor de agua hacia el noreste. Las tormentas tropicales y los huracanes se desarrollan durante el verano y el otoño y causan lluvias fuertes (Lluch-Cota *et al.*, 2007).

El área de estudio se encuentra en la Región Oriental de las Grandes Islas, y aguas cercanas a Bahía Kino. Se localiza en la región norte-central del Golfo. La zona se delimita desde la zona occidental de Isla Tiburón, la parte oriental de Isla San Lorenzo y el norte de Isla San Pedro Mártir (Fig. 4. Alfonso Calles, 2020). Esta región del Golfo es reconocida como un área de importancia para la reproducción y criadero de muchas especies (Enríquez-Andrade *et al.*, 2005), como por ejemplo de 181 especies de aves marinas, 5 especies de tortugas marinas y 4,500 especies de invertebrados (SEMARNAT, 2018), y en particular para mamíferos marinos, como los cetáceos, en donde se han registrado 16 especies (Pérez-Puig, 2023) de las 31 especies que se pueden registrar en todo el Golfo (Heckel *et al.*, 2018).



*Figura 4.* Área de estudio mostrando la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California y las aguas adyacentes a Bahía de Kino, Sonora.

## Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en navegaciones realizadas en el periodo 2009-2022 en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California (Fig. 4). Estas se realizaron a bordo de una embarcación tipo panga de 7m de eslora, con un motor fuera de borda de 115 hp (caballos de fuerza), equipada con un ecosonda para la obtención de los datos de batimetría y temperatura (Alfonso Calles, 2020). Las navegaciones fueron realizadas como parte del Programa de Mamíferos Marinos del Centro de Estudios Culturales y Ecológicos Prescott College, A.C. en Bahía de Kino, Sonora. Se realizaron navegaciones por semana, siempre que las condiciones climáticas fueran propicias como mar de fondo y vientos ligeros (Arredondo-Sáinz, 2019), además de una escala de estado del mar Beaufort  $\leq 3$ , el cual es el recomendado para avistamientos de cetáceos (Alfonso Calles, 2020). Los recorridos fueron flexibles, con el objetivo de registrar a la mayoría de los cetáceos en la región; sin embargo, en cada navegación se buscaba cubrir el área de estudio de manera homogénea a una velocidad de aproximadamente 15 km/h con una duración promedio de 7-8 h de esfuerzo de observación (Alfonso Calles, 2020).

En cada navegación siempre había al menos dos observadores, cada uno manteniendo una búsqueda continua de la superficie del mar, cubriendo de manera conjunta un área de 120-180 grados (Arredondo-Sáinz, 2019; Alfonso Calles, 2020) hacia estribor y babor, tomando como referencia la proa de la panga. La mayoría de las navegaciones dieron inicio a las 8:00 am, y el inicio de esfuerzo de búsqueda se aplicaba desde que se encendía el motor de la panga (Arredondo-Sáinz, 2019). Durante las navegaciones se usó una bitácora de campo, en donde se registraron datos de las condiciones ambientales y los avistamientos detectados. Igualmente, se usó un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin

eTrex 30, para el registro de las coordenadas geográficas de todos los avistamientos de cetáceos registrados. Asimismo, se usaron unos binoculares 8x42 mm marca Vortex para la detección de los avistamientos (Arredondo Sáinz, 2019; Alfonso Calles, 2020).

Al detectar algún avistamiento especie de cetáceo (*e. g.* delfines comunes de rostro largo) se disminuía la velocidad de la embarcación y se realizaba un acercamiento lento de manera paralela y no invasiva hacia el grupo o individuo (Alfonso Calles, 2020). Cada avistamiento se registró en una bitácora, colectando datos importantes como el tamaño del grupo, su posición geográfica, su conducta y dirección; así como, las condiciones ambientales asociadas como, temperatura superficial del mar, la presencia/ausencia de mar de fondo, la escala Beaufort, la profundidad, visibilidad y nubosidad; condiciones que también fueron actualizadas cada vez que alguna de estas cambió.

#### Registro de ocurrencias

La base de datos usada para los análisis de distribución espacial fue proporcionada por el Programa de Mamíferos Marinos del Centro de Estudios Culturales y Ecológicos Prescott College, A.C. Esta base de datos contenía el registro de todos los avistamientos (ocurrencias) de delfines comunes de rostro largo registrados en el área de estudio desde el 01 de febrero del 2010 hasta el 18 de marzo del 2022, que contaba toda la información mencionada en la sección de trabajo de campo, aunque los datos importantes para este estudio y la implementación de los modelos de distribución potencial se hicieron usando únicamente los datos de las posiciones geográficas de los avistamientos (latitud y longitud en grados decimales).

En adición, se usaron ocurrencias de delfines comunes de rostro largo provenientes del Sistema Global de información sobre Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en inglés), la

cual es una red internacional que brinda acceso abierto a datos de registros biológicos (<https://www.gbif.org/>). El uso de estos datos se usó para generar un modelo de referencia para la evaluación de los modelos de distribución en donde se considerará toda la distribución de la especie. Se hizo una búsqueda para la subespecie *Delphinus delphis bairdii* en la plataforma, resultando en un total de 105 ocurrencias. Estos registros fueron descargados en un archivo zip y manejados en Excel, en donde se procedió a realizar una depuración de datos para eliminar todas las ocurrencias duplicadas y en las que sus posiciones geográficas tuvieran un número menor a 4 dígitos en sus decimales. Después de la depuración de dichos datos se conservó información únicamente de 58 ocurrencias.

Posteriormente, los 58 datos de ocurrencias provenientes de GBIF se anexaron a los 316 datos de ocurrencia proporcionados por el Programa de Mamíferos Marinos del Centro de Estudios Culturales y Ecológicos Prescott College, A.C conservando un total de 369 datos de ocurrencia. Los datos de estas ocurrencias fueron guardados en un formato delimitado por comas (.csv) para su posterior uso en el software MaxEnt. A partir de la base conjunta de datos de ocurrencia, se crearon otras dos bases de datos, en donde se filtraron las ocurrencias por fecha para agruparlas en temporada cálida (julio, agosto, septiembre, octubre) y fría (diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo) para realizar los modelos para cada una de las temporadas considerando los meses que corresponden a cada una.

#### Elección de variables

#### Descarga

Las capas de las variables biofísicas para el modelado de distribución potencial se obtuvieron del sitio web Bio-ORACLE (<https://bio-oracle.org/>), la cual es una versión análoga a Worldclim con la ventaja de tener capas de variables que permiten modelar la distribución

de especies marinas (Tyberghein *et al.*, 2011). Se utilizó Bio-ORACLE (en su versión 2.2) para descargar y las capas de las variables en el período presente (condiciones actuales (2000 – 2014)), optando por el uso de capas superficiales a una resolución de 3 minutos de arcmin (0.05 grados; c.9,2 km) en formato asc (Assis *et al.*, 2018). De las capas descargadas en archivos zip se seleccionaron individualmente las 40 variables consideradas (Tabla 1).

Tabla 1. Variables ambientales a resolución de 3 arcmin obtenidas de Bio-ORACLE (Assis, *et al.*, 2018)

Variable				Unidades de medida
Temperatura	máxima	superficial	presente	°C
<i>(present_surface_temperature_max)</i>				
Temperatura	media	superficial	presente	°C
<i>(present_surface_temperature_mean)</i>				
Temperatura	mínima	superficial	presente	°C
<i>(present_surface_temperature_min)</i>				
Rango de temperatura		superficial	presente	°C
<i>(present_surface_temperature_range)</i>				
Salinidad máxima superficial presente <i>(present surface salinity max)</i>				Pss
Salinidad media superficial presente <i>(present surface salinity mean)</i>				Pss
Salinidad mínima superficial presente <i>(present surface salinity min)</i>				Pss
Rango de salinidad superficial presente <i>(present surface salinity range)</i>				Pss
Clorofila	máxima	superficial	presente	mg.m-3
<i>(present_surface_chlorophyll_max)</i>				
Clorofila media superficial presente <i>(present surface chlorophyll mean)</i>				mg.m-3
Rango de clorofila superficial presente <i>(present surface chlorophyll range)</i>				mg.m-3
Oxígeno disuelto máximo		superficial	presente.	mol.m-3
<i>(present_surface_dissolved_oxygen_max)</i>				

<i>Oxígeno disuelto mínimo superficial presente</i> ( <i>present_surface_dissolved_oxygen_min</i> )	mol.m-3
<i>Rango de oxígeno disuelto superficial presente</i> ( <i>present_surface_dissolved_oxygen_range</i> )	mol.m-3
<i>Hierro máximo superficial presente</i> ( <i>present_surface_iron_max</i> )	umol.m-3
<i>Media de Hierro superficial presente</i> ( <i>present_surface_iron_mean</i> )	umol.m-3
<i>Hierro mínimo superficial presente</i> ( <i>present_surface_iron_min</i> )	umol.m-3
<i>Rango de hierro superficial presente</i> ( <i>present_surface_iron_range</i> )	umol.m-3
<i>Nitrato máximo superficial presente</i> ( <i>present_surface_nitrate_max</i> )	mol.m-3
<i>Nitrato medio superficial presente</i> ( <i>present_surface_nitrate_mean</i> )	mol.m-3
<i>Nitrato mínimo superficial presente</i> ( <i>present_surface_nitrate_min</i> )	mol.m-3
<i>Rango de nitrato superficial presente</i> ( <i>present_surface_nitrate_range</i> )	mol.m-3
<i>Fosfato máximo superficial presente</i> ( <i>present_surface_phosphate_max</i> )	mol.m-3
<i>Fosfato mínimo superficial presente</i> ( <i>present_surface_phosphate_min</i> )	mol.m-3
<i>Rango de fosfato superficial presente</i> ( <i>present_surface_phosphate_range</i> )	mol.m-3
<i>Fitoplancton máximo superficial presente</i> ( <i>present_surface_phytoplankton_max</i> )	umol.m-3
<i>Fitoplancton media superficial presente</i> ( <i>present_surface_phytoplankton_mean</i> )	umol.m-3
<i>Fitoplancton mínimo superficial presente</i> ( <i>present_surface_phytoplankton_min</i> )	umol.m-3
<i>Rango de fosfato superficial presente</i> ( <i>present_surface_phytoplankton_range</i> )	umol.m-3
<i>Productividad máxima superficial presente</i> ( <i>present_surface_primary_productivity_max</i> )	g.m-3.day-1
<i>Productividad media superficial presente</i> ( <i>present_surface_primary_productivity_mean</i> )	g.m-3.day-1

<i>Rango de productividad primaria superficial presente (present_surface_primary_productivity_rangee)</i>	g.m-3.day-1
<i>Silicato máximo superficial presente (present_surface_silicate_max)</i>	mol.m-3
<i>Silicato medio superficial presente (present_surface_silicate_mean)</i>	mol.m-3
<i>Silicato mínimo superficial presente (present_surface_silicate_min)</i>	mol.m-3
<i>Rango de silicato superficial presente (present_surface_silicate_range)</i>	mol.m-3
<i>Rango de velocidad de corriente superficial presente (present_suface_current_velocity_range)</i>	m.s-1
<i>Velocidad de corriente mínima superficial presente (present_surface_current_velocity_min)</i>	m.s-1
<i>Velocidad de corriente media superficial presente (present_surface_curret_velocity_mean)</i>	m.s-1
<i>Velocidad de corriente máxima superficial presente (present_surface_current_velocity_max)</i>	m.s-1

En adición a las anteriores capas de variables, debido a la diferencia que existe entre las temporadas, se optó por buscar y descargar variables que correspondieran a los meses de cada temporada. Las capas de variables fueron obtenidas de la página Ocean Color Web (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) en el buscador de nivel 3 y 4. La descarga de datos se dio bajo un estado de producto estándar, a través del instrumento “AQUA-MODIS”. Las capas fueron de concentración de clorofila y temperatura superficial del mar (11 $\mu$  durante el día y la noche) en un periodo mensual que abarcó desde febrero del 2010 hasta marzo del 2022 (fechas que corresponden a la base de datos proporcionada por el Programa de Mamíferos Marinos del Centro , A.C.) a una resolución de 4 km.

Se descargaron 13 capas de variables correspondientes a la concentración de clorofila mensual desde 2010 hasta 2022, y se descargaron 26 capas para la temperatura superficial

del mar debido a su separación en día y noche en el mismo intervalo de tiempo. Las capas se manejaron en el programa QGIS (en su versión 3.18.1-Zürich) en donde, a través de la herramienta “calculadora ráster” se realizó el promedio por mes de todos los años y se almacenaron en un formato de archivo asc, y las capas resultantes se agruparon por temporada (Tabla 2).

*Tabla 2 Temporadas y sus meses correspondientes*

<i>Temporada</i>	<b>Mes/es</b>
<i>Cálida</i>	julio, agosto, septiembre, octubre
<i>Fría</i>	diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo
<i>Transición 1</i>	noviembre
<i>Transición 2</i>	junio

#### Recorte de capas y resolución

El recorte de las capas se realizó en QGIS (en su versión 3.18.1-Zürich). Se añadieron los datos de ocurrencia para analizar su distribución en el área de estudio y con base en esto realizar el recorte de las capas. Una vez agregadas se creó una capa en archivo shape (shp) con una geometría de polígono en donde se buscó abarcar las zonas de ocurrencia y parte del Océano Pacífico (Fig. 5).

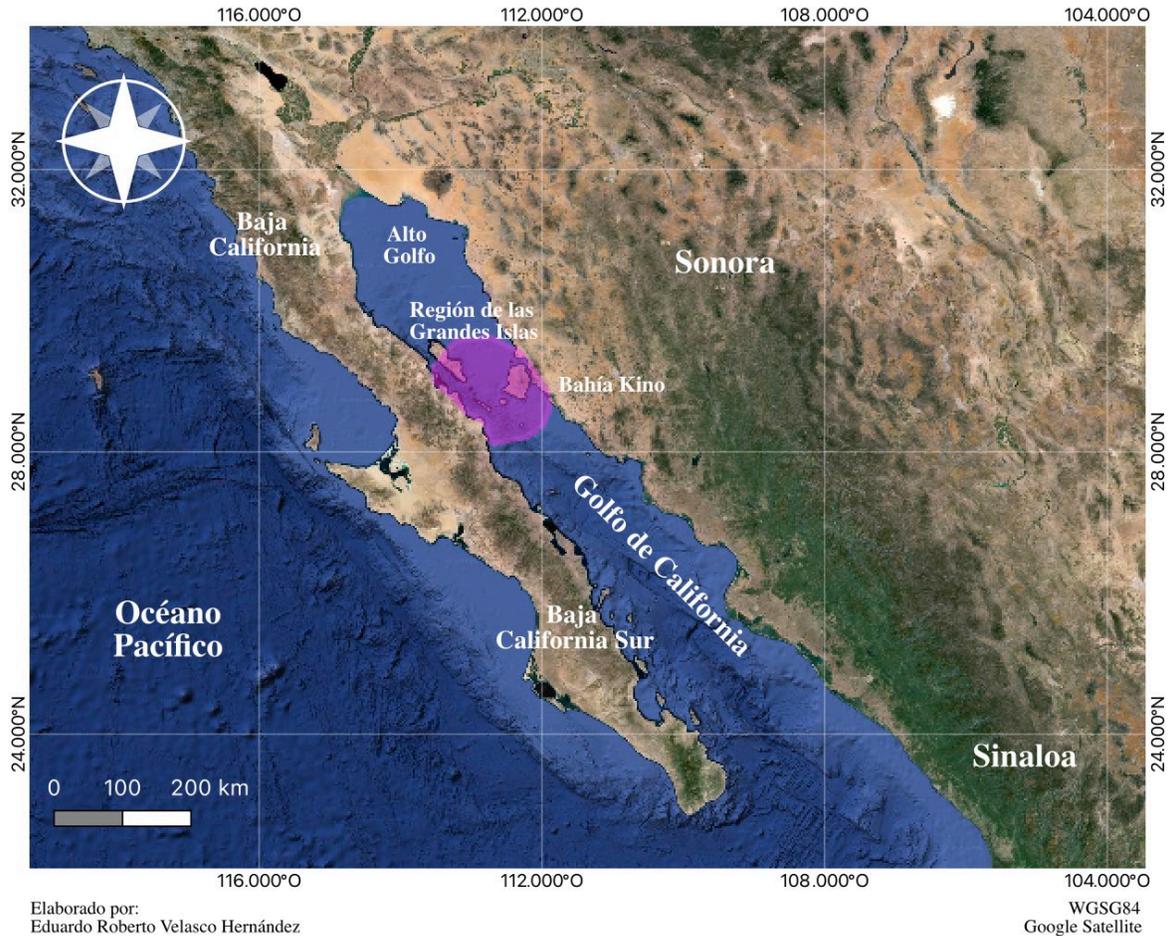


Figura 5. Polígono usado para el recorte de las capas

Todas las capas fueron cortadas por medio de la herramienta de QGIS raster, extracción y cortar ráster por capa de máscara, en esta se usó al polígono como la capa de máscara, y se estableció el SRC (Sistema de referencia de coordenadas) de origen y de objetivo a la opción (OGC:CRS84 - WGS 84 (CRS84)) para cada una de las capas y se guardaron en formato (asc.). Todas las capas tuvieron una extensión Norte (40.000000000), Sur (18.083333333), Este (-103.500000000), y Oeste (-126.750000000), y se establecieron a la misma resolución de 0.0833333 horizontal y 0.0833333 vertical a 279 columnas y 263 filas.

### Filtrado de variables

Para determinar las variables que fueron usadas para el modelo de distribución se realizaron tres filtros con las variables extraídas de Bio-ORACLE, con la finalidad de conservar la de mayor significancia y así obtener un modelo lo más parsimonioso posible.

En este caso, lo primero fue determinar el tipo de valores de píxel de cada una de las capas y así analizar si el tipo de distribución correspondía a una normal o no normal. El hacer un filtrado por el tipo de distribución es de ayuda debido a que la mayoría de los modelos estadísticos y de predicción asumen que los datos cuentan con una distribución normal, por lo que, en caso de no cumplirse este supuesto, los resultados de los modelos pueden verse afectados con relación a su precisión y confiabilidad (Bowler, 2014).

Por lo anterior, por medio del paquete de R NicheToolBox (NTBOX), a través de su función de extracción de correlación, se realizaron tres modelos. Estos se realizaron primeramente con relación al tipo de distribución, por lo que el primero se corrió únicamente con variables suponiendo una distribución normal considerando el coeficiente de correlación de Pearson por la naturaleza de los datos (Tabla. 3).

*Tabla 3. Variables con una distribución normal*

<i>present_surface_current_velocity_max</i>
<i>present_surface_current_velocity_range</i>
<i>present_surface_dissolved_oxygen_range</i>
<i>present_surface_current_velocity_min</i>
<i>present_surface_current_velocity_mean</i>
<i>present_surface_phosphate_min</i>
<i>present_surface_silicate_min</i>
<i>present_surface_salinity_mean</i>

Posteriormente, el segundo modelo se corrió con variables que cuentan con una distribución no normal siguiendo la correlación de Spearman por la naturaleza de los datos (Tabla. 4).

*Tabla 4. Variables con una distribución no normal*

<i>present_surface_temperature_max</i>
<i>present_surface_temperature_mean</i>
<i>present_surface_temperature_min</i>
<i>present_surface_temperature_range</i>
<i>present_surface_salinity_max</i>
<i>present_surface_salinity_min</i>
<i>present_surface_salinity_range</i>
<i>present_surface_chlorophyll_max</i>
<i>present_surface_chlorophyll_mean</i>
<i>present_surface_chlorophyll_range</i>
<i>present_surface_dissolved_oxygen_max</i>
<i>present_surface_dissolved_oxygen_min</i>
<i>present_surface_iron_max</i>
<i>present_surface_iron_mean</i>
<i>present_surface_iron_min</i>
<i>present_surface_iron_range</i>
<i>present_surface_nitrate_max</i>
<i>present_surface_nitrate_mean</i>
<i>present_surface_nitrate_min</i>

<i>present_surface_nitrate_range</i>
<i>present_surface_phosphate_max</i>
<i>present_surface_phosphate_range</i>
<i>present_surface_phytoplankton_max</i>
<i>present_surface_phytoplankton_mean</i>
<i>present_surface_phytoplankton_min</i>
<i>present_surface_phytoplankton_range</i>
<i>present_surface_primary_productivity_max</i>
<i>present_surface_primary_productivity_mean</i>
<i>present_surface_primary_productivity_rangee</i>
<i>present_surface_silicate_max</i>
<i>present_surface_silicate_mean</i>
<i>present_surface_silicate_range</i>
<i>present_suface_current_velocity_range</i>

En cuanto al filtrado por tipo de distribución, se observó que un gran número de variables no cuentan con una distribución normal y que, en ambos filtrados, existen variables que podrían no ser significativas para el modelo, por lo que, se realizó un último filtrado por variables consideradas biológicamente importantes para la especie (Barceló *et al.*, 2022)

De igual forma, se añadió la variable de batimetría obtenida de la página de GEBCO - The General Bathymetric Chart of the Oceans (<https://www.gebco.net/>) en su opción de descarga de datos de batimetría cuadrículada (<https://download.gebco.net/>) en su versión GEBCO 2023, a una resolución de 15 segundos arc en formato GeoTiff. Las variables de

este último modelo cuentan con una distribución tanto normal como no normal, por lo que se optó por el uso de coeficiente de correlación de Spearman (Tabla. 5).

*Tabla 5. Variables seleccionadas después del filtrado por el coeficiente de correlación de Spearman*

<i>batimetria_ajustado</i>
<i>present_surface_temperature_max</i>
<i>present_surface_temperature_mean</i>
<i>present_surface_temperature_min</i>
<i>present_surface_temperature_range</i>
<i>present_surface_salinity_max</i>
<i>present_surface_salinity_mean</i>
<i>present_surface_salinity_min</i>
<i>present_surface_salinity_range</i>
<i>present_surface_chlorophyll_max</i>
<i>present_surface_chlorophyll_mean</i>
<i>present_surface_chlorophyll_range</i>
<i>present_surface_dissolved_oxygen_max</i>
<i>present surface dissolved oxygen min</i>
<i>present_surface_dissolved_oxygen_range</i>
<i>present_surface_phytoplankton_max</i>
<i>present_surface_phytoplankton_mean</i>
<i>present_surface_phytoplankton_min</i>
<i>present_surface_phytoplankton_range</i>
<i>present_surface_primary_productivity_max</i>

<i>present_surface_primary_productivity_mean</i>
<i>present_surface_primary_productivity_rangee</i>
<i>present_suface_current_velocity_range</i>
<i>present_surface_current_velocity_min</i>
<i>present_surface_curret_velocity_mean</i>
<i>present_surface_current_velocity_max</i>

Al realizar el análisis por medio del coeficiente de correlación de Spearman a través de la herramienta de correlación de NTBOX, se hizo un filtrado de todas las variables, en este caso se eliminaron todas las que contaron con un coeficiente  $\geq 0.85$ , esto con la finalidad de evitar la adición de datos que puedan generar sesgo en los modelos y no se llegue al mejor resultado posible. Después de este proceso se conservaron 6 variables (Tabla. 6).

Tabla 6. Variables usadas para el Modelo General

<b>Variable</b>	<b>Unidades de medida</b>	<b>Resolución</b>	<b>Fuente</b>
<i>batimetria_ajustado</i>	m	15 segundos arc	GEBCO
<i>present_suface_current_velocity_range</i>	m.s-1	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present surface current velocity min</i>	m.s-1	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_dissolved_oxygen_max</i>	mol.m-3	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_phytoplankton_min</i>	umol.m-3	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_salinity_mean</i>	Pss	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_temperature_min</i>	° C	3 arcmin	Bio-oracle

Para las variables de concentración de clorofila y temperatura superficial del mar por mes, se hicieron las mismas pruebas de correlación en NTBOX bajo la correlación de Spearman siguiendo con el mismo coeficiente de 0.85. Sin embargo, este procesamiento solo se realizó para las temporadas fría y cálida, debido a que son las temporadas con mayor extensión.

Las variables se agruparon de acuerdo con la temporada, con la adición de las 6 que resultaron más la de batimetría. Una vez realizado el filtrado de variables a través de la correlación de Spearman se usaron 10 y 7 variables para los modelos de la temporada cálida y fría, respectivamente (Tabla. 7).

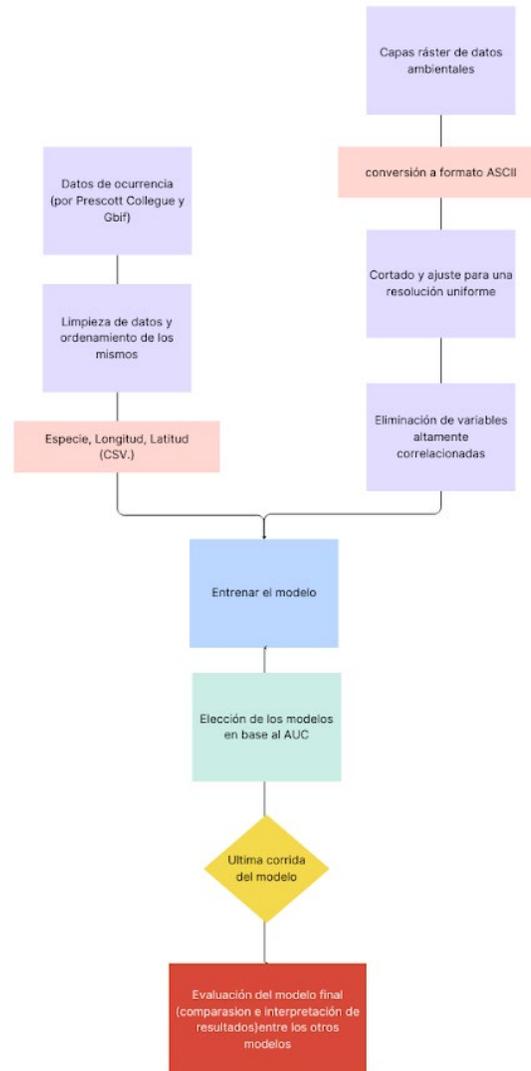
Tabla 7. Variables usadas para los Modelos de las temporadas cálida y fría

<b>Temporada Cálida</b>			
<b>Variable</b>	<b>Unidades de medida</b>	<b>Resolución</b>	<b>Fuente</b>
<i>batimetria_ajustado</i>	m	15 segundos arc	GEBCO
<i>agosto_promedio_clorofila_ajustado</i>	mg.m-3	4 km	NASA Ocean Color
<i>agosto_promedio_temp_ajustado</i>	° C	4 km	NASA Ocean Color
<i>octubre_promedio_clorofila_ajustado</i>	mg.m-3	4 km	NASA Ocean Color
<i>present_surface_current_velocity_range</i>	m.s-1	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_current_velocity_min</i>	m.s-1	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_phytoplankton_min</i>	umol.m-3	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_salinity_mean</i>	Pss	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_temperature_min</i>	° C	3 arcmin	Bio-oracle
<i>septiembre_promedio_clorofila_ajustado</i>	mg.m-3	4 km	NASA Ocean Color
<b>Temporada Fría</b>			
<b>Variable</b>	<b>Unidades de medida</b>	<b>Resolución</b>	<b>Fuente</b>

<i>batimetria_ajustado</i>	m	15 segundos arc	GEBCO
<i>abril_promedio_clorofila</i>	mg.m-3	4 km	NASA Ocean Color
<i>febrero_promedio_temp</i>	° C	4 km	NASA Ocean Color
<i>mayo_promedio_clorofila</i>	mg.m-3	4 km	NASA Ocean Color
<i>present_suface_current_velocity_range</i>	m.s-1	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_current_velocity_min</i>	m.s-1	3 arcmin	Bio-oracle
<i>present_surface_salinity_mean</i>	Pss	3 arcmin	Bio-oracle

### Proceso de modelado

El software de MaxEnt requiere una serie de pasos para la obtención de los modelos finales, los cuales se establecieron un flujo de trabajo que incluyó todos los pasos generales (Fig. 6).



*Figura 6.* Diagrama de flujo sobre los pasos realizados para el modelado en MaxEnt

Como primera parte se obtuvieron los datos de ocurrencia y la descarga de las capas raster, en los cuales, se hizo la limpieza de los datos y se realizó todo el recorte y ajuste de las variables. Para el entrenamiento del modelo se usó la base de datos descrita en la sección de registro de ocurrencias, que contenía las ocurrencias tanto del Programa de Mamíferos Marinos de Prescott College A.C y las descargadas de GBIF en un formato csv. Mientras que las capas usadas corresponden a tablas 6 y 7.

Posteriormente, se establecieron los parámetros usados para la realización de los modelos. Para cada uno de los modelos se seleccionó la opción de generar curvas de respuesta y realizar el Jackknife para medir la importancia de las variables (Phillips, 2005).

MaxEnt cuenta con cuatro tipos de formatos de salida, en este caso se seleccionó la opción de Cloglog y Raw. El tipo de formato Cloglog se usó debido a que brinda una justificación teórica mayor sobre la probabilidad de presencia, ya que genera valores más altos, entre 0-1 que facilitan la visualización de la distribución en el área de estudio y la interpretación de los resultados. Sin embargo, a comparación del formato logístico, el formato Cloglog puede tener un efecto menor en cuanto al rendimiento del modelo, aunque tampoco parece haber algún desplazamiento constante en las transformaciones con relación a las curvas sobre la probabilidad de ocurrencia (Phillips *et al.*, 2017). Además, este tipo de formato se considera más apropiado cuando se tienen registros puntuales sobre las ubicaciones específicas de la especie (Guillera-Arroita *et al.*, 2014). El tipo de salida Raw se basa en el principio de máxima entropía sobre del cual funciona MaxEnt; sin embargo, en este formato no se tiene ningún tipo de post-procesamiento o ajuste, por lo que las estimaciones que se realizan son proporcionales al número esperado de presencias por unidad de área (Yackulic *et al.*, 2013) por lo que puede considerarse como un modelo exponencial sobre la estimación de la abundancia relativa de la especie de estudio (Renner *et al.*, 2015). Los mapas elaborados bajo este tipo de formato no suelen coincidir con la opinión de los ecólogos sobre la distribución de las especies (Phillips *et al.*, 2017), por lo que se optó por el tipo de replicación de Bootstrap. Esta herramienta permite estimar la incertidumbre sobre las predicciones generadas y así observar cómo el rendimiento varía entre los distintos modelos,

lo que permite una mejor observación de los intervalos de confianza de los modelos (Phillips, 2005).

Para la configuración del modelo, se seleccionó el tipo de archivo en un formato (asc) y se estableció el directorio de salida. Se desactivaron las opciones de Threshold para todos los modelos y la opción de Hinge únicamente para el modelo en formato Raw. Para las pruebas de Bootstrap se configuraron 30 replicas con 500 valores de fondo. Se crearon 9 modelos, de los cuales 3 correspondieron al modelo general, 3 para la temporada cálida y 3 para la temporada fría. El rendimiento de los modelos será observado a través de el área bajo la curva ROC ya que esta es usada como una estimación sobre el valor predictivo de los modelos de distribución derivados de datos de presencia (Lobo *et al.*, 2008). Este valor representa una medida independiente del umbral de precisión basado en las ubicaciones, el cual puede ser interpretado como la probabilidad que una ubicación de presencia elegida al azar sea clasificada más alta que ubicaciones potencialmente no muestreadas (Merow *et al.*, 2013). Con uso de datos de solo presencia, el AUC máximo alcanzable corresponde a un valor inferior a 1 (Wiley *et al.*, 2003).

## Resultados

### Validación de modelos

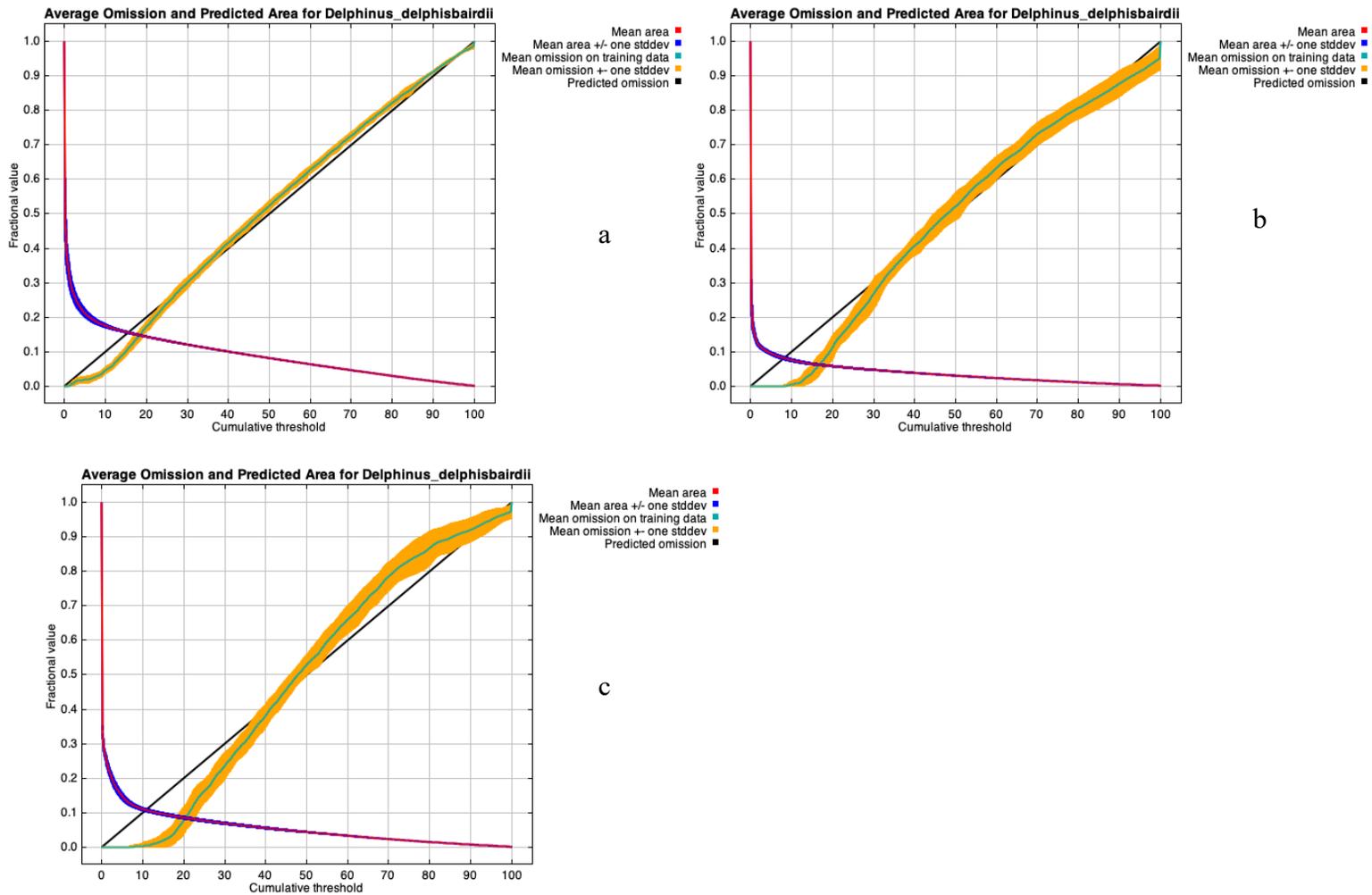
De manera general se obtuvo un buen rendimiento predictivo de los modelos realizados de acuerdo con lo observado en a las gráficas sobre la característica operativa del receptor (ROC) en cuanto a los valores del área bajo la curva ( $AUC > 0.90$ ) (Figura 8), al igual que en la tabla de rendimiento (Tabla 8). Al parecer los modelos identificaron de manera idónea los sitios de distribución para esta especie con base en los valores de AUC observados (Tabla

8). En cuanto a los resultados sobre las tasas de omisión, estos variaron entre las temporadas y el modelo general; sin embargo, fueron moderadamente bajos en todos los modelos analizados.

*Tabla 8. Rendimiento de los 9 modelos usados para determinar la distribución potencial de delfines comunes de rostro largo*

<b>Rendimiento del Modelo en formato Cloglog</b>	
Modelo	ACU
<i>General</i>	0.908
<i>Cálida</i>	0.967
<i>Fría</i>	0.953
<b>Rendimiento del modelo en formato Raw</b>	
Modelo	ACU
<i>General</i>	0.908
<i>Cálida</i>	0.967
<i>Fría</i>	0.953
<b>Rendimiento del modelo en formato Cloglog y Bootstrap (30 duplicados)</b>	
Modelo	ACU
<i>General</i>	0.910
<i>Cálida</i>	0.967
<i>Fría</i>	0.952

A continuación, se muestran las gráficas obtenidas del tipo de ejecución replicada de Bootstrap sobre las tasas de omisión de entrenamiento y el área prevista en función del umbral acumulativo, el cual está promediado sobre las ejecuciones repetidas (Figura 7).

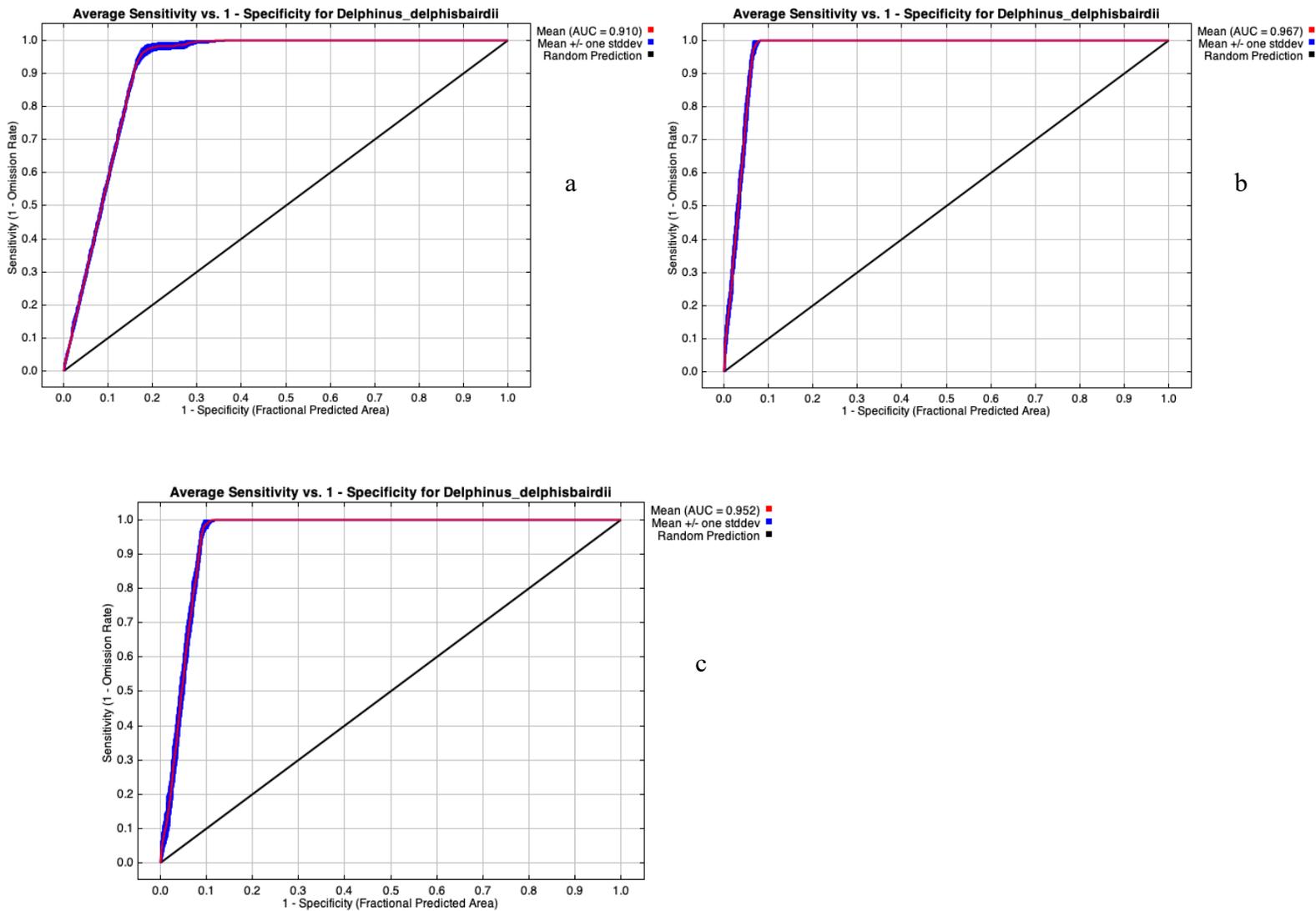


*Figura 7.* Tasas de omisión del entrenamiento, el área prevista en función del umbral acumulativo del Modelo General (a), Modelo de Temporada Cálida (b) y Modelo de Temporada Fría (c)

Considerando que las tasas de omisión son importantes debido a que permiten evaluar la porción de puntos de presencia conocidos que fueron clasificados de manera errónea como datos de no presencia por MaxEnt, usando un intervalo de valores de corte en la probabilidad de presencia entre 0 y 1 (Esri, 2024). Se encontró que en general los tres modelos tienen tasas de error de omisión que aumentan mientras la probabilidad de ocurrencia aumenta, por lo que, a pesar de que se muestran valores debajo de la omisión predicha, se observa una recomposición de estos niveles hacia al final (Fig. 7). Lo que puede

considerarse como un indicador positivo sobre la buena calidad del modelo. No obstante, de manera más específica, el modelo general a pesar de presentar una caída sobre las tasas de omisión al inicio esta se recompone manteniéndose constante, para el modelo de Temporada Cálida, la grafica igualmente muestra una pequeña caída al inicio en donde posteriormente se recompone y vuelve a disminuir ligeramente hacia el final, por último, para la Temporada Fría, a pesar de que en el inicio no se observa una caída, esta ocurre al inicio de la gráfica, en donde se recompone posteriormente de manera considerable al final. Estas gráficas permiten observar que el modelo general (Fig. 7a) fue el que cuenta con un mejor rendimiento al establecer de manera correcta las ocurrencias, ya que este se mantiene constante hasta el final a comparación de los otros dos (Fig. 7b y 7c) en donde es más variante.

Los valores de AUC en todos los modelos (General, Temporada Cálida y Temporada Fría) fueron mayores a 0.95 lo que indicó un buen rendimiento de la capacidad de su predicción. Para la visualización sobre el rendimiento de los modelos se presentaron 3 gráficas (Fig. 8 a, b, c) bajo la ejecución de Bootstrap que permitió examinar las variaciones sobre el rendimiento del modelo. Para el modelo general el valor fue correspondiente a  $AUC = 0.977$ , para la Temporada cálida se obtuvo un valor de  $AUC = 0.989$ , siendo este el de mayor valor de los tres modelos, y por último para la Temporada Fría de  $AUC = 0.964$ . Los resultados sobre los demás valores de AUC sobre el rendimiento de los modelos para los formatos Raw y C-log-log se presentan en la Tabla. 8.



*Figura 8.* Curvas ROC para los modelos evaluados. El AUC máximo alcanzable es menor que 1. Se muestran los resultados del Modelo de Bootstrap para el Modelo General (a), Temporada Cálida (b) y Temporada Fría (c).

#### Mapas de predicción y contribución de las variables

A pesar de que los resultados de los cuatro formatos (Raw, Cumulative, Logistic, Cloglog) se encuentran monótonicamente relacionados, estos son escalados de forma diferente y cuentan con diferentes interpretaciones. Para interpretar los mapas de distribución se utilizó el formato de salida C-log-log porque es el más sencillo de conceptualizar al estimar la probabilidad de presencia de la especie en la región entre 0 y 1 (Phillips, 2005).

El mapa de distribución del modelo General (Fig. 9) muestra una alta probabilidad de ocurrencia ( $< 0.90$ ) en la Región de las Grandes Islas, específicamente, los mayores valores se mantienen entre el corredor que se forma al Sur de Isla Tiburón y hacia el norte y los alrededores de Isla San Esteban. Se muestra una alta probabilidad en aguas costeras de Baja California y Baja California Sur, y alrededor de Isla San Lorenzo, con una disminución al retirarse de la Región de las Grandes Islas. Se observó una menor probabilidad de ocurrencia al norte del Golfo de California y al sur en la costa de Sonora y Sinaloa.

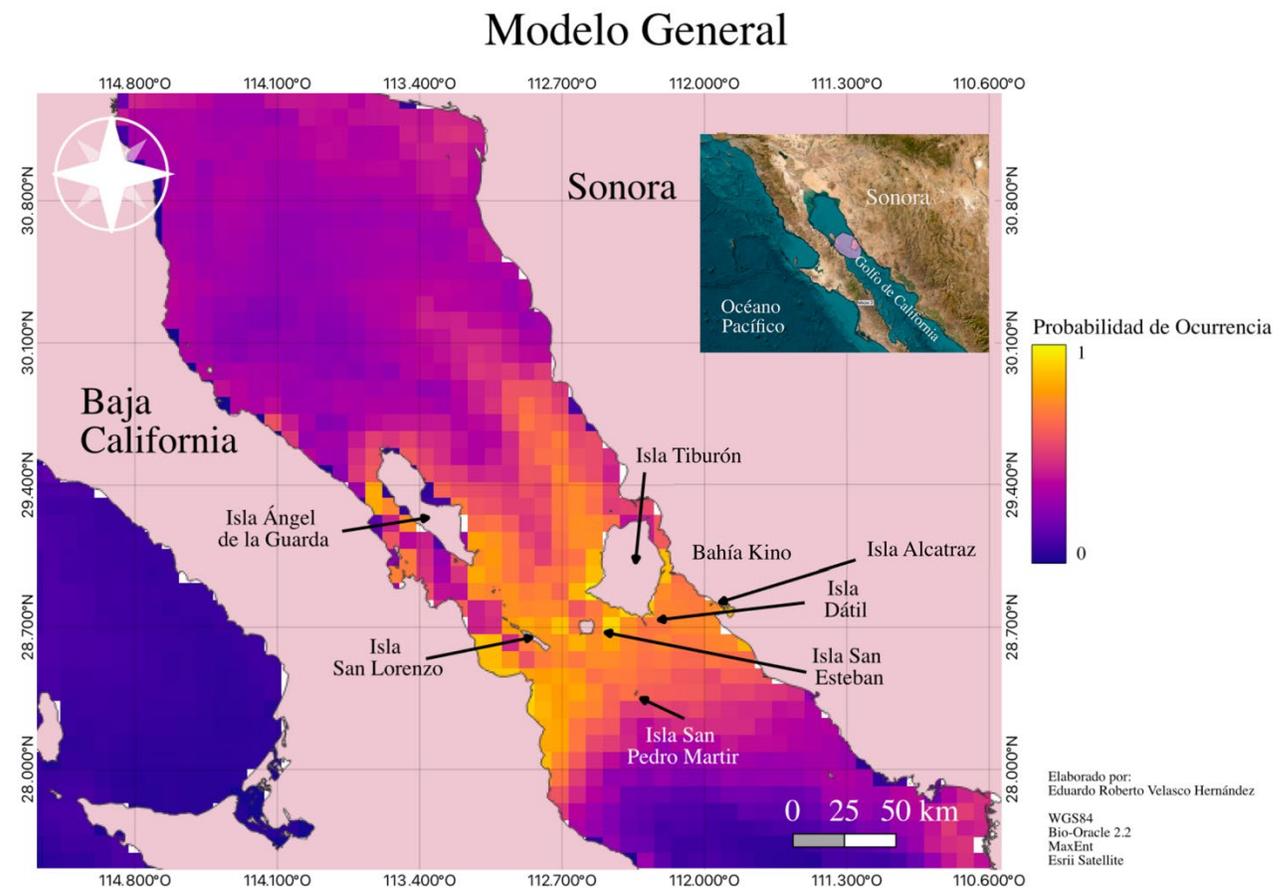
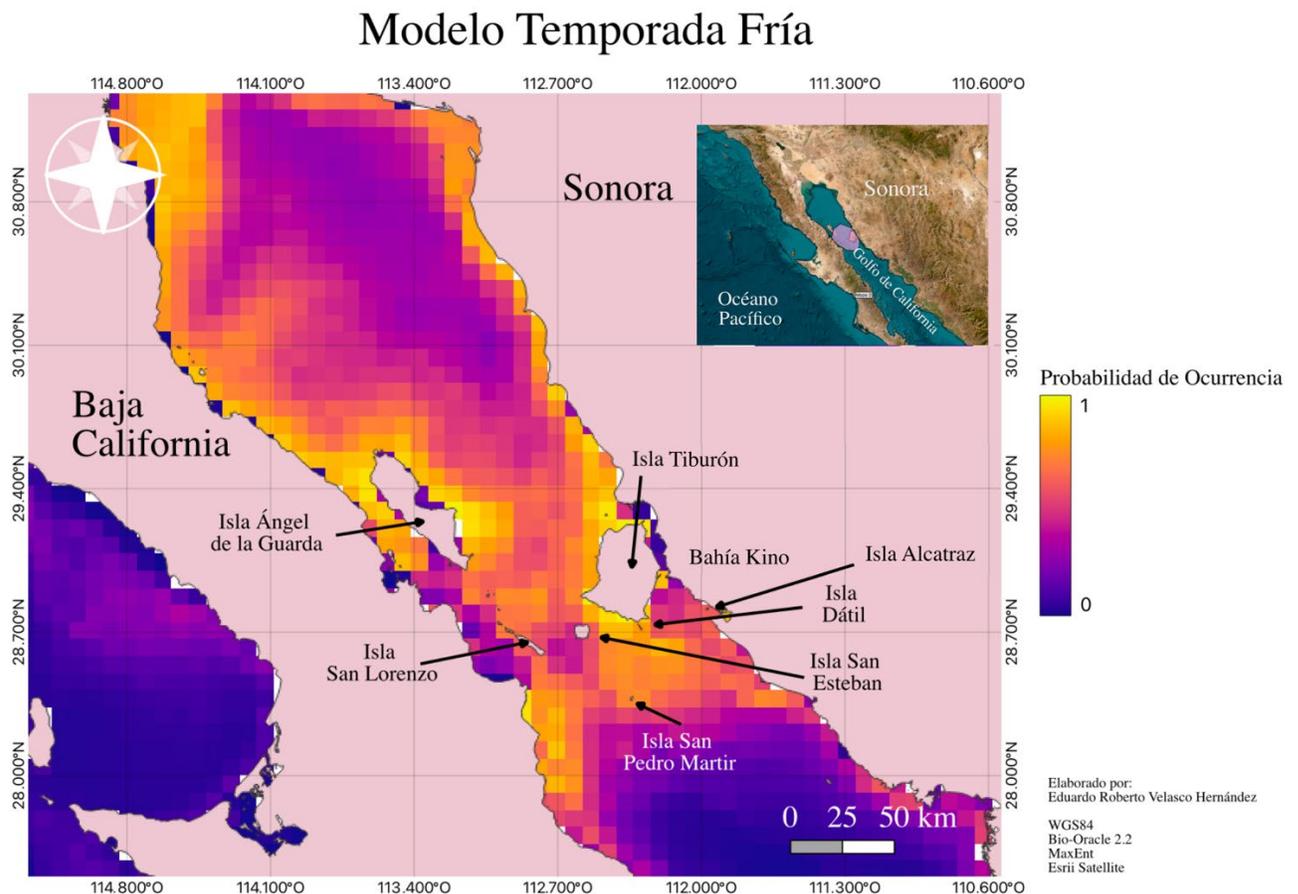


Figura 9. Mapa de distribución potencial para el delfín común de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*) considerando el Modelo General

En la temporada Fría la distribución se amplió notablemente hacia el norte y sur de la Región de las Grandes Islas (Fig. 10). Se mantiene la alta probabilidad ( $< 0.90$ ) al centro

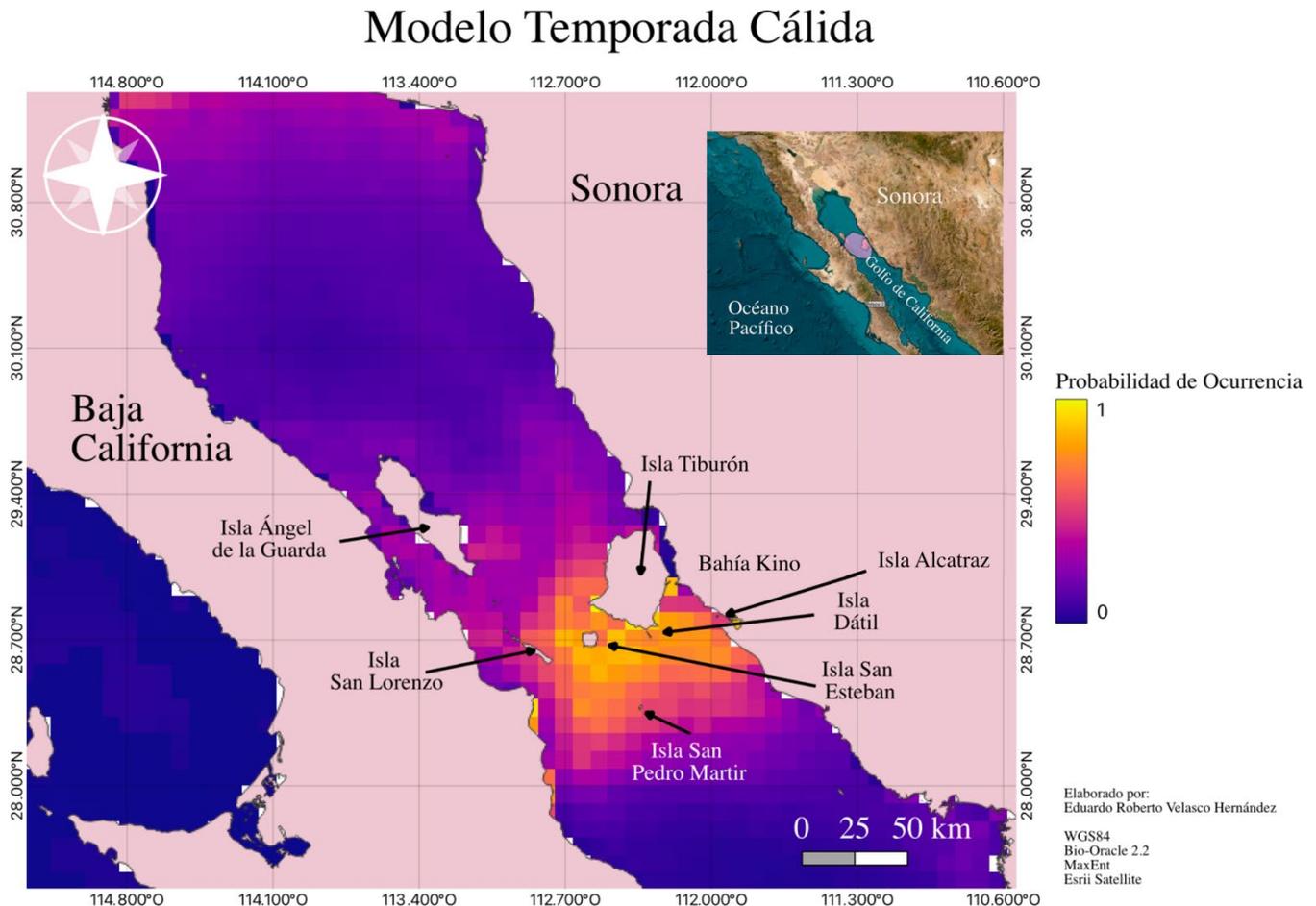
de la Región al igual que en las zonas costeras del occidente de la misma. Se observó un aumento de la probabilidad de ocurrencia al norte del Golfo de California y hacia la costa de Sonora, esto último coincidiendo con la presencia de avistamientos de grupos de delfines comunes hacia el sur de Bahía de Kino durante las navegaciones. Se mantiene una probabilidad menor en las costas de Sinaloa ( $< 0.5$ ).



*Figura 10.* Mapa de distribución potencial para el Modelo de la Temporada Fría

La distribución potencial en la Temporada Cálida indicó una mayor probabilidad en la Región de las Islas, al igual que en los anteriores modelos, solo que con una distribución más localizada en la parte central (Fig. 10, 11). Se puede observar una disminución de

probabilidad al norte y sur de la Región de las Grandes Islas y hacia las zonas costeras. La mayor probabilidad ( $<0.95$ ) se dio al suroeste de Isla Tiburón y norte de Isla San Esteban (Fig. 11).



*Figura 11.* Mapa de distribución potencial para el Modelo de la Temporada Cálida

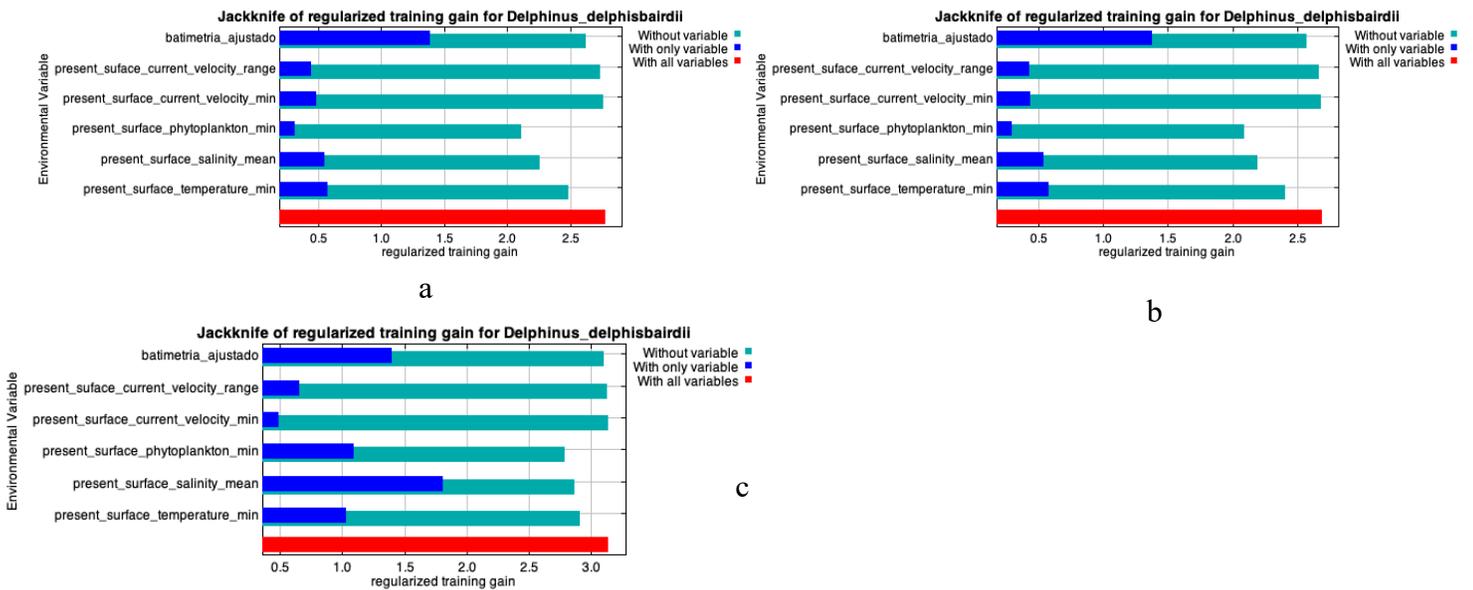
#### Contribución de las variables

Los resultados de la prueba Jackknife de importancia de las variables para el Modelo General en cuanto a las salidas Bootstrap (Fig.12a) y Raw (Fig.12b) indican que la variable de batimetría (batimetría\_ajustado), fue la que brindó la mayor contribución y ganancia al modelo cuando se encontró de manera aislada. Esto concuerda con los mapas de distribución

en donde el corredor que se encuentra entre Isla Tiburón e Isla San Esteban indicaron una alta probabilidad de ocurrencia (Fig. 9, 10, 11). Esta mayor probabilidad se presentó en la zona entre las Islas presenta profundidades entre 200 y 400 m (Fig.3).

Por otro lado, para el formato de salida C-log-log (Fig.12c) la de mayor ganancia fue la de salinidad superficial media presente (`present_surface_salinity_mean`). Esta diferencia entre las contribuciones se puede deber al procesamiento que cada tipo de salida realiza en los modelos, que como en el caso del formato C-log-log implicó una transformación aplicada a las predicciones para estabilizar la varianza y mejorar la calibración (Phillips *et al.*, 2017). Sin embargo, la variable de batimetría arrojó una contribución a las predicciones del modelo de 51.4, 50.7 y 38.9 para el modelo Bootstrap, Raw y Cloglog, respectivamente; lo que sugiere una importancia considerable a la hora de realizar las predicciones del modelo.

Los valores de permutación para los formatos de Bootstrap y Raw arrojaron el valor más alto para la variable: temperatura mínima superficial presente (`present_surface_temperature_min`) con valores de 34 y 32.4, respectivamente; mientras que para el formato Cloglog fue la variable `present_surface_phytoplankton_min` con un valor de 49.8. De igual forma, la variable que al ser omitida disminuye la ganancia en los 3 modelos realizados es la de Fitoplancton mínimo superficial presente (`present_surface_phytoplankton_min`), lo indica que esta variable parece contribuir con la mayor cantidad de información que no se encuentra en las demás variables.



*Figura 12.* Modelos Jackknife sobre la contribución de las variables para el Modelo General en los formatos de salida Bootstrap (a), Raw (b) y C-log-log(c)

En los modelos de la Temporada Cálida, la variable que brindó la mayor ganancia en los tres formatos de salida corresponde al promedio de clorofila en el mes de octubre (octubre\_promedio\_clorofila\_ajustado), lo que indica que parece contener la información más útil de manera independiente (Fig. 13). Por otro lado, para los modelos realizados bajo el formato de Bootstrap (Fig.13a ) y Raw (Fig.13b), la variable temperatura mínima superficial presente (present\_surface\_temperature\_min), fue la que indicó una disminución en la ganancia del modelo al contener la mayor cantidad de información que no se encuentra presente en las demás variables, a diferencia del modelo que usó el formato C-log-log, en donde la variable que disminuye ligeramente la ganancia del modelo es la correspondiente a fitoplancton mínimo superficial presente (present\_surface\_phytoplankton\_min). Sin embargo, la variable batimetría (batimetría\_ajustado) presentó los valores de contribución a las predicciones de 39 y 34.2, para los formatos de salida Bootstrap y Raw, respectivamente.

Por otro lado, para el modelo C-log-log, la variable promedio de clorofila en el mes de octubre (octubre\_promedio\_clorofila\_ajustado) fue la de mayor contribución a las predicciones (Fig. 13c), ligeramente por arriba de otras variables relacionadas con la concentración de clorofila y salinidad (agosto\_promedio\_clorofila\_ajustado, septiembre\_promedio\_clorofila\_ajustado y present\_surface\_salinity\_mean). Sin embargo, la variable promedio de clorofila en el mes de octubre arrojó un valor de permutación de 0, lo que indicó que no cuenta con un impacto significativo en la predicción del modelo en cuanto a la importancia de permutación, lo que puede indicar un sobreajuste o que la variable es redundante para el modelo. Por otro lado, la variable temperatura mínima superficial presente (present\_surface\_temperature\_min), fue la que mayor valor de permutación obtuvo en los 3 modelos (Fig. 13).

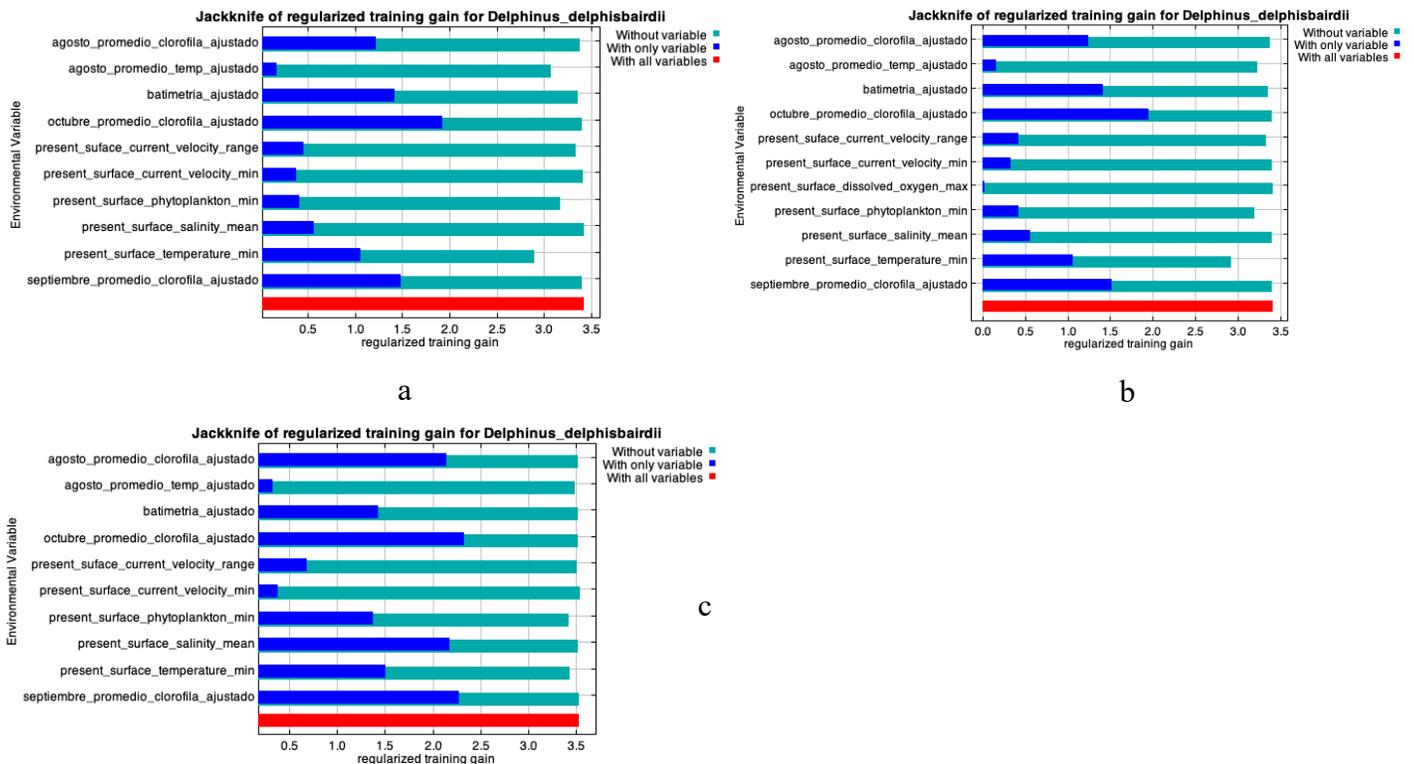
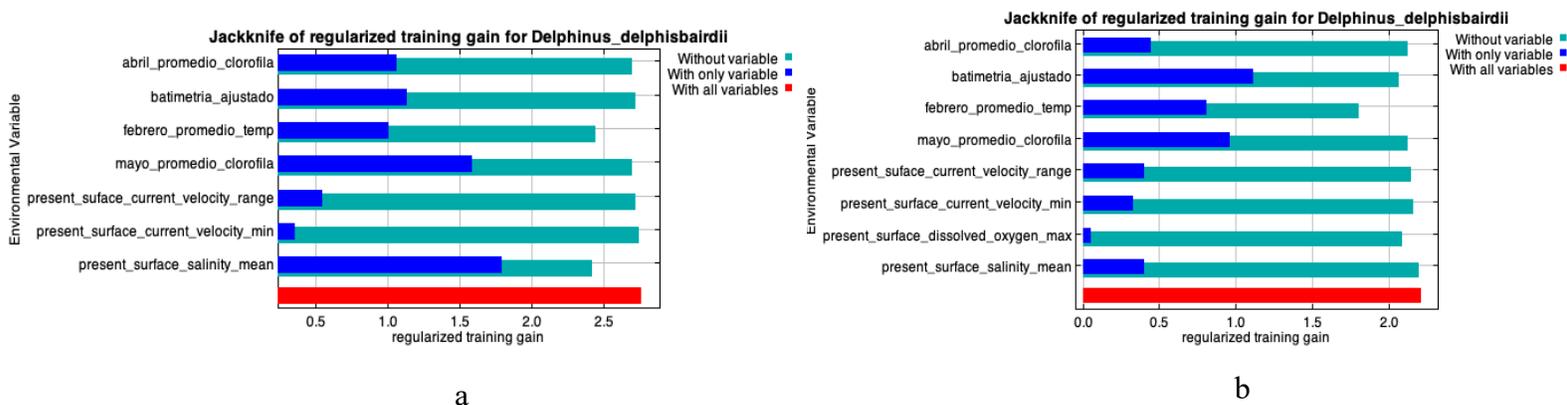


Figura 13. Modelos Jackknife sobre la contribución de las variables para el Modelo de Temporada Cálida en los formatos de salida Bootstrap (a), Raw (b) y C-log-log(c)

Por último, para los modelos realizados para la Temporada Fría similar a lo observado previamente en el Modelo General, la variable de batimetría (batimetria\_ajustado), para los tipos de formatos de Raw (Fig. 14b) y Cloglog (Fig. 14c) fue la variable de mayor ganancia al modelo al presentarse de forma aislada, con valores de contribución a las predicciones de 51.1 y 48, respectivamente. Sin embargo, para el modelo con formato de salida Bootstrap (Fig. 14 a) la variable de mayor ganancia fue la de salinidad media superficial presente (present\_surface\_salinity\_mean), mientras que la variable con mayor contribución a las predicciones fue el promedio de clorofila del mes de mayo (mayo\_promedio\_clorofila) con un valor de 53.4. De igual forma, esta diferencia entre las contribuciones de variables y los niveles de importancia de cada una para el modelo, al parecer se debió también a sobre ajustes y calibraciones que usó cada tipo de formato de salida. Por otro lado, la variable que decrece la ganancia del modelo en los formatos Bootstrap y Raw fue la variable sobre el promedio de temperatura en el mes de febrero (febrero\_promedio\_temp), mientras que para el modelo realizado bajo el formato C-log-log fue salinidad media superficial presente (present\_surface\_salinity\_mean). En cuanto a los valores de permutación, en los tres formatos (Bootstrap, Raw y Cloglog), se obtuvo un valor alto en la variable promedio de temperatura en el mes de febrero (febrero\_promedio\_temp) (Fig. 14), lo que concuerda con los resultados del Jackknife en donde dicha variable disminuyó la ganancia en dos de los modelos.



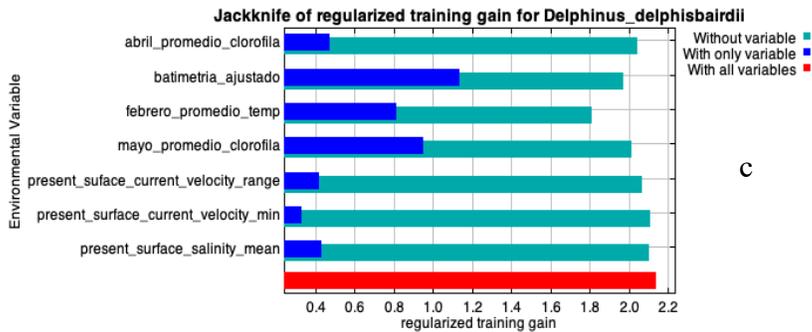
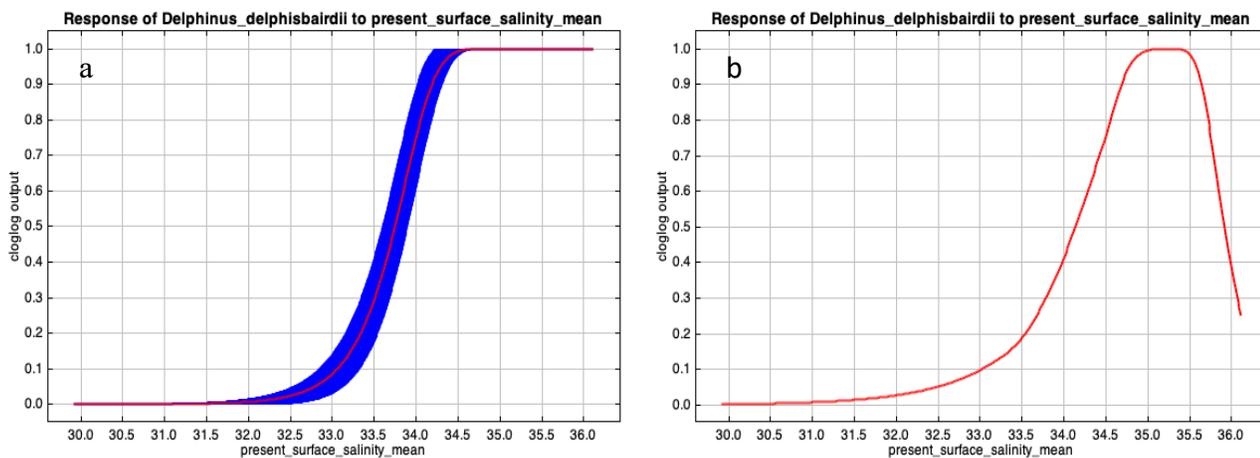


Figura 14. Modelos Jackknife sobre la contribución de las variables para el Modelo de Temporada Fría en los formatos de salida Bootstrap (a), Raw (b) y C-log-log(c)

### Curvas de respuesta

Posterior al análisis de Jackknife y a la revisión de los resultados de las tablas tanto de porcentaje de contribución como de importancia de permutación, se determinó que las variables: salinidad media superficial presente (`present_surface_salinity_mean`), temperatura mínima superficial presente (`present_surface_temperature_min`), fitoplancton mínimo superficial presente (`present_surface_phytoplankton_min`), batimetría (`batimetria_ajustado`), promedio de clorofila del mes de mayo (`mayo_promedio_clorofila`), promedio de temperatura del mes de febrero (`febrero_promedio_temp`) y promedio de clorofila del mes de octubre (`octubre_promedio_clorofila_ajustado`), fueron las de mayor importancia (ver Fig. 12, 13, 14). Para las curvas de respuesta se usaron las curvas arrojadas por el formato Bootstrap y C-log-log.

Las curvas de respuesta para la salinidad media superficial presente (`present_surface_salinity_mean`) mostraron una alta probabilidad de ocurrencia a partir de los 35 psu (Fig. 15a), posteriormente se alcanza una asíntota. Sin embargo, la salida C-log-log mostró un intervalo de valores entre los 34.8 y 35.4 psu (Fig 15b), siendo este último valor a partir del cual la gráfica decreció así como la probabilidad de ocurrencia. Esto indica la preferencia de la especie a concentraciones de salinidad en superficie entre los 34 y 36 psu.



*Figura 15.* Curvas de respuesta para la variable de Salinidad media superficial presente (`present_surface_salinity_mean`), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b).

Para la variable: temperatura mínima superficial presente (`present_surface_temperature_min`), se obtuvieron curvas de respuesta en el intervalo entre los 12 y 16 °C (Fig 16), en ambos modelos siendo la probabilidad más alta entre los valores de 14.8-14.9 ° C (Fig. 16b) para la temperatura superficial del mar, lo que indica la preferencia de la especie por temperaturas templadas.

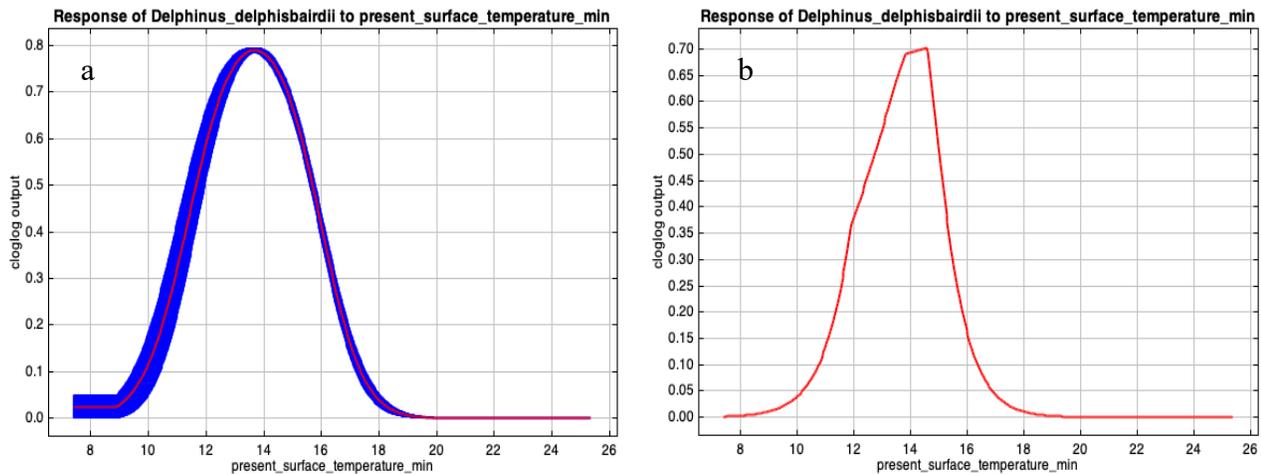
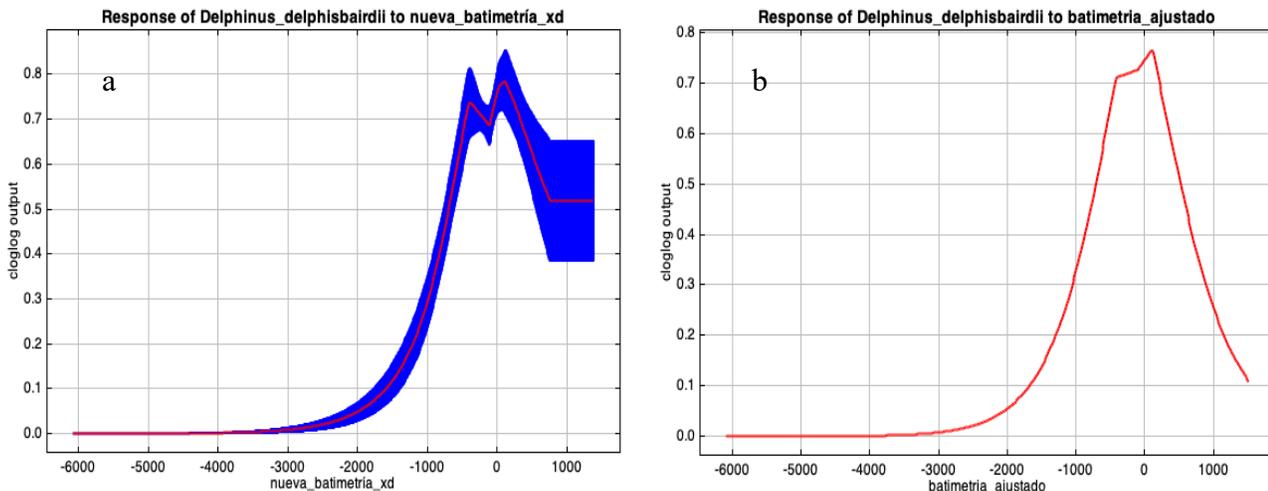


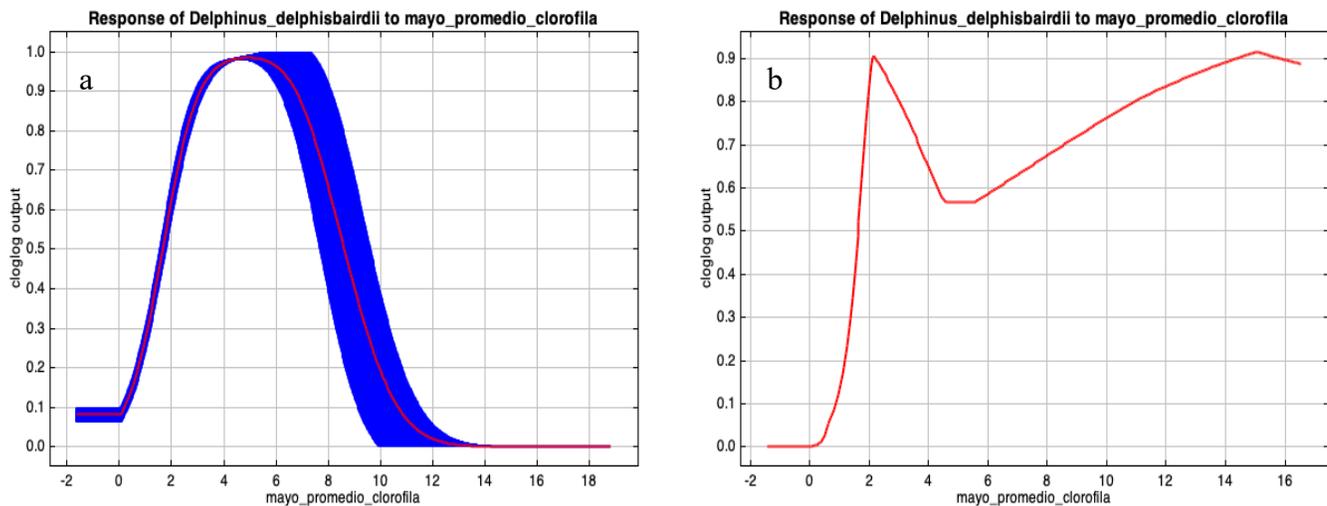
Figura 16. Curvas de respuesta para la variable de Temperatura mínima superficial presente (present\_surface\_temperature\_min), en el Bootstrap (a) y Cloglog (B).

Con respecto a la variable batimetría\_ajustado, los valores de mayor probabilidad de ocurrencia se encontraron dentro del intervalo de los -1000m y 0 (Fig. 17), con una mayor probabilidad de ocurrencia entre los -400 m y -100 m (Fig. 17), lo que concuerda con la preferencia de la especie por zonas asociadas a la plataforma continental y poco profundas. Es importante mencionar que biológicamente no es posible tener ocurrencias sobre el valor 0, debido a que se habla de una especie totalmente marina. El que las curvas de respuesta (Fig. 17) indiquen una alta probabilidad sobre el valor de 0 puede deberse a problemas con la capa o las ocurrencias.



*Figura 17.* Curvas de respuesta para la variable de Batimetría (batimetria\_ajustado), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b).

La variable: promedio de clorofila del mes de mayo (mayo\_promedio\_clorofila), perteneciente a los modelos para la Temporada Fría, los valores que indicaron la mayor probabilidad de ocurrencia estuvieron entre 2 y 10 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 18a) de acuerdo a las curvas proporcionadas para la salida del formato de Bootstrap; sin embargo, para la salida del tipo C-log-log (Fig. 18b), el valor más alto se encontró en 2 mg/m<sup>3</sup> en donde decreció hasta los 5 mg/m<sup>3</sup>, para posteriormente volver a incrementar la ocurrencia hasta 14 mg/m<sup>3</sup> en donde a partir de ahí, volvió a decrecer. Esta variación entre los valores puede deberse a la variabilidad de la misma variable, ya que depende de otros factores ambientales, como la temperatura.



*Figura 18.* Curvas de respuesta para la variable Clorofila en el mes de Mayo (mayo\_promedio\_clorofila), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b).

Para la variable: promedio de temperatura del mes de febrero (febrero\_promedio\_temp) también de la Temporada Fría, las curvas de respuesta mostraron un intervalo entre 14 y 19 °C (Fig. 19a y b), lo que indicó la preferencia de la especie por

estas temperaturas. De igual forma fue importante observar el comportamiento de ambas gráficas, en donde se describió la forma de la campana de Gauss, en donde el valor de mayor

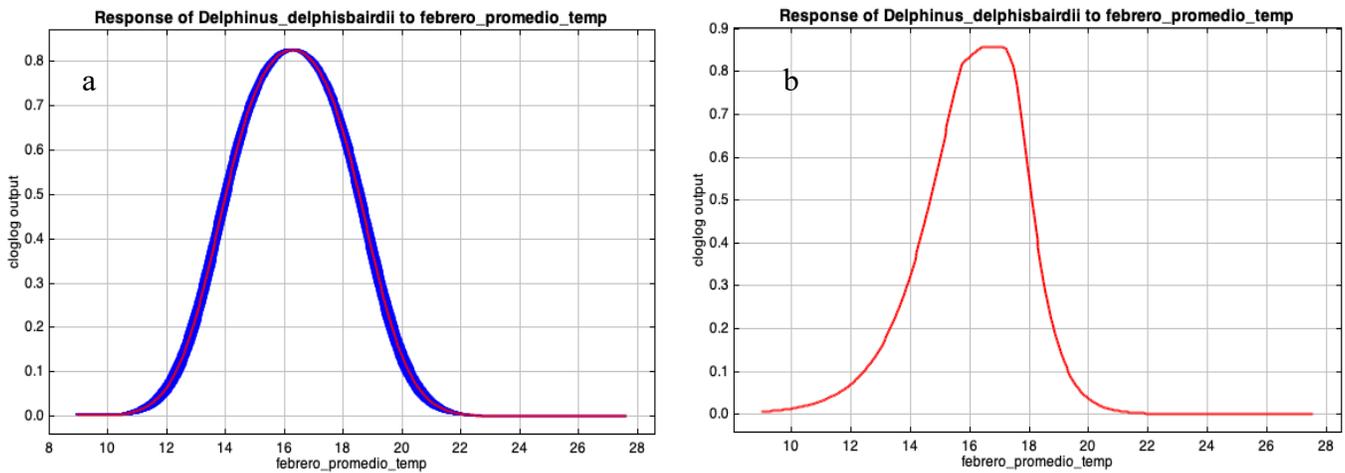
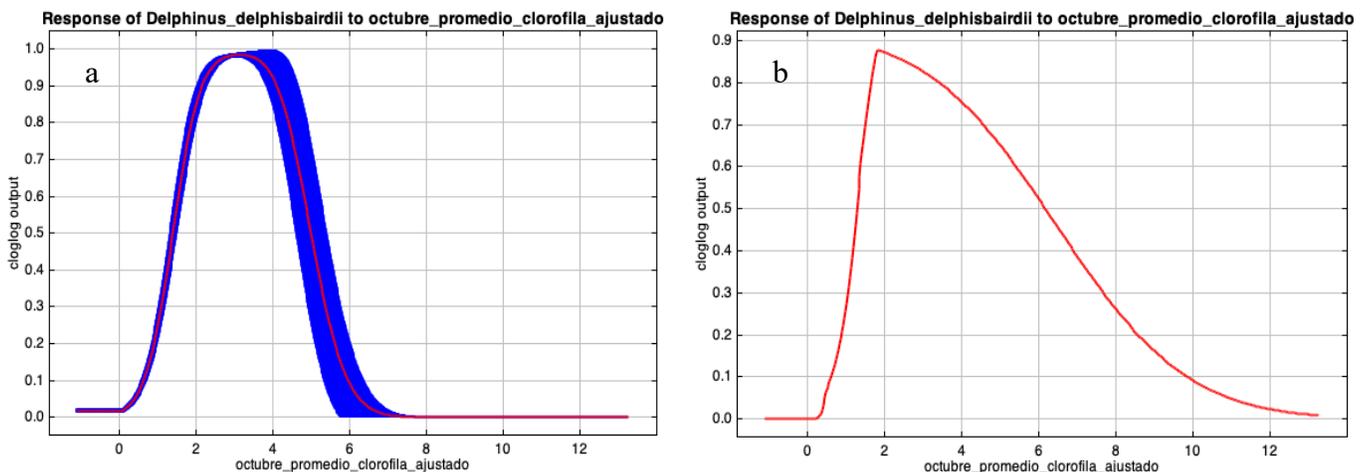


Figura 19. Curvas de respuesta para la variable Temperatura en el mes de Febrero (febrero\_promedio\_clorila), en el Bootstrap (a) y Cloglog (B).

Por último, la variable promedio de clorofila del mes de octubre (octubre\_promedio\_clorofila\_ajustado) incluida en los modelos de la Temporada Cálida, mostraron altas probabilidades de ocurrencia a los valores entre 2 y 4  $\text{mg}/\text{m}^3$  (Fig. 20a) para la curva del formato de salida Bootstrap; en contraste de la obtenida en C-log-log (Fig. 20b), donde el valor máximo de probabilidad de ocurrencia se encontró a los 2  $\text{mg}/\text{m}^3$ .



*Figura 20.* Curvas de respuesta para la variable Clorofila en el mes de octubre (octubre\_promedio\_clorofila\_ajustado), en el Bootstrap (a) y Cloglog (b).

Los resultados de los modelos indican que la especie tiene una afinidad por la Región de las Grandes Islas en ambas temporadas, ya que, al comparar los valores de los modelos para las distintas variables (Fig. 15-20) estas concuerdan con las condiciones físicas de la zona en donde se cuenta con una batimetría entre los 100 y 800 m (Navarro *et al.*, 2016; Fig.3). Una salinidad entre los 34 y 36 psu (Aguirre *et al.*, 1995) y temperaturas entre 8° C y 30 °C (Badan-Dangon *et al.*, 1985), además de ser una zona de alta productividad primaria que permite el continuo flujo de nutrientes en la región (Lluch-Cota *et al.*, 2007) lo que permite determinar su ocupación por parte del delfín común de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*).

## Discusión

El presente trabajo se planteó determinar tanto la distribución potencial del delfín común de rostro largo, *Delphinus delphis bairdii*; en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California, como las variables de influencia, en donde todos los modelos evaluados mostraron un rendimiento y nivel de predicción alto (<0.95 AUC; Tabla.8). Las zonas establecidas por los modelos en los mapas de distribución (Fig. 9, 10, 11) coinciden con los registros de ocurrencia en la zona, por lo que, los criterios evaluativos para los modelos sugieren una discriminación y precisión considerable entre la presencia de la especie y las localidades de fondo.

Los resultados de cada uno de los modelos mostraron a la variable de batimetría como la de mayor ganancia y porcentaje de contribución. En específico para la *Delphinus delphis bairdii* no se cuenta con información precisa sobre la importancia de esta variable en su

distribución; aunque estudios en la especie *Delphinus delphis*, la señalan como importante (Gannier, 2021; Barceló *et al.*, 2022; Giralt *et al.*, 2019) y con una alta contribución a los modelos, coincidiendo con un intervalo entre 100m y 300 m para *Delphinus delphis* (Giralt *et al.*, 2019; Gannier, 2021). No obstante, de manera general, la batimetría es considerada como un predictor importante, además de generar en promedio, los valores más altos de contribución para los modelos de distribución de especies marinas (Barceló *et al.*, 2022; Bradie & Leung, 2017; do Amaral *et al.*, 2015; Barragán-Barrera *et al.*, 2019). Al observar las curvas de respuesta de esta misma variable es posible notar que la mayor probabilidad de ocurrencia es por arriba del nivel 0, sin embargo, únicamente se tomara en cuenta los valores menores y negativos, ya que valores tanto positivos y mayores a 0, ya indican un área terrestre.

Las variables de temperatura superficial correspondientes al promedio de temperatura del mes de febrero (febrero\_promedio\_temp) y la temperatura mínima superficial presente (present\_surface\_temperature\_min), mostraron una contribución importante a los modelos. La temperatura es considerada como un factor importante en los análisis de especies marinas, ya que no solo afecta su distribución sino también la de sus presas (Baumgartner *et al.*, 2001; MacLeod, 2009; Palacios *et al.*, 2013). Tomando en cuenta la diferencias entre la especie objetivo de este estudio, los delfines comunes (*Delphinus spp.*) han sido observados mundialmente en temperaturas en un intervalo entre 10 y 28 °C (MacLeod *et al.*, 2008), lo que concuerda con los resultados del modelo en las curvas de respuesta en este estudio y con otros en donde se establece la preferencia de *D. delphis bairdii* por aguas templadas cálidas (Heyning & Perrin, 1994; Forney & Barlow, 1998; Barlow, 2016).

Si bien, estudios en delfines comunes de rostro corto (*D. delphis*) y otras especies de mamíferos marinos, resaltan la importancia de la temperatura para determinar su distribución

(Selzer & Payne, 1988; Neumann, 2001), en delfines comunes de rostro corto, *D. delphis*, no se establece como la variable de mayor importancia al realizar predicciones sobre su distribución (Neumann, 2001), mencionándose que podría estar relacionada con otros factores que afecten de manera directa o indirecta su distribución. En este sentido, características ambientales conjuntas como la salinidad y la temperatura, cuentan con una fuerte influencia en la distribución de delfines comunes, ya que se ha observado que, ante valores altos en ambas variables, incrementa la presencia de los delfines; además de que, estos factores en conjunto pueden influir en la abundancia de sus presas afectando en consecuencia la distribución y abundancia de estos (Milani *et al.*, 2021).

La obtención de información confiable sobre la distribución y abundancia de presas puede presentar un reto, de ahí la importancia del uso de factores tanto físicos como biológicos que pueden brindar mejores perspectivas sobre la distribución de sus depredadores (Guisan & Zimmerman, 2000; Redfern *et al.*, 2006; Elith & Leathwick, 2009; Pirota *et al.*, 2011; Díaz & Methion, 2017, 2018). Una de estas alternativas puede observarse en los hallazgos realizados por Neumann (2001) en donde menciona que la temperatura afecta la distribución de las presas sobre las que se alimenta la especie de *D. delphis*, lo que explica su distribución y causa sus cambios estacionales, esto fue sustentado a partir de los resultados entre el traslapeo en la distribución de las presas y las zonas de pesca de especies comerciales, que en su mayoría son presas de los delfines. Esto es relevante ya que un factor que puede ayudar a determinar y observar la distribución de cetáceos, como *Delphinus delphis bairdii*, puede ser a través de las zonas en donde se realiza la actividad de pesca en la región. No obstante, esto también presenta un reto debido a que los delfines comunes se enfrentan en mayor medida a distintos riesgos causados por las actividades humanas que generan una preocupación importante, como lo es la captura incidental por redes de pesca (López *et al.*,

2003; Rogan & Mackey, 2007; Fernández-Contreras *et al.*, 2010; de Boer *et al.*, 2012; Murphy *et al.*, 2013).

Otra de las variables que mayor ganancia brindó a los modelos fue la salinidad media superficial presente (*present\_surface\_salinity\_mean*). En general los cetáceos cuentan con adaptaciones osmoregulatorias en respuesta a la absorción de agua salada en exceso (Salman & Eddy, 1988) por lo que variaciones en la salinidad en las aguas que habitan influyen de manera importante en su distribución (Hornsby *et al.*, 2017). Estudios sobre la influencia de la salinidad en tursiones (*Tursiops truncatus*) muestran el impacto que tienen los niveles de salinidad sobre estos organismos, ya que niveles bajos de salinidad impactan considerablemente en la salud de su piel y parece no favorecer la recuperación de lesiones (Ridgway, 2010; McClain *et al.*, 2020; Hurst & Dara, 2022; Mintzer & Fazioli, 2021; Hornsby *et al.*, 2017; Olaya-Ponzone *et al.*, 2020). Con relación al uso de esta variable en modelos predictivos, investigaciones tanto en tursiones como en delfines comunes, mencionan a la salinidad como una variable significativa y con altos niveles de predicción, mostrando una disminución en la probabilidad de ocurrencia en zonas con niveles bajos de salinidad (Mintzer & Fazioli, 2021; Milani *et al.*, 2021; Paradell *et al.*, 2019; Ingrosso *et al.*, 2024). De igual forma, al observar el comportamiento de las presas de delfines con respecto a los cambios en los niveles de salinidad, puede brindar mayor información sobre los patrones de movimiento y distribución de estos, ya que muchas especies en estuarios tienen a emigrar a aguas de mayor sanidad durante eventos en donde hay un incremento de agua dulce (Greenwood *et al.*, 2006; Taylor *et al.*, 2014).

En *D. delphis bairdii* no está establecido un intervalo sobre sus niveles de salinidad; sin embargo, en estudios en tursiones se indica un intervalo de preferencia a niveles entre 15

y 35 ppt (1 ppt = 1 psu; NOAA; Ewing *et al.*, 2017; McClain *et al.*, 2020; Booth & Thomas, 2021) lo cual coincide con lo mostrado en los resultados por las curvas de respuesta, en donde se indicó un rango de entre 34 y 36 psu en los mapas de distribución, cuando el nivel estándar de salinidad en el agua de mar se ha establecido en 35 ppt (Hurst & Dara, 2022), lo que podría explicar el por qué el género *Delphinus* es uno de los más distribuidos mundialmente. Más investigaciones en *D. delphis bairdii*, en cuanto a los niveles de preferencia en la salinidad en la región, y en general en el Golfo de California, permitirían obtener una mejor perspectiva sobre su distribución de la especie y sus presas, y cómo responden ante las fluctuaciones de estos niveles.

Las variables tanto de clorofila como de fitoplancton (octubre\_promedio\_clorofila\_ajustado, mayo\_promedio\_clorofila, present\_surface\_phytoplankton\_min), brindaron un alto nivel de ganancia al modelo, además de ser variables con porcentajes de contribución importantes. Estas variables son consideradas como buenos indicadores de la distribución de los mamíferos marinos, específicamente en cetáceos, en donde se tiene la hipótesis de que la distribución de ciertas especies puede relacionarse con los patrones y concentraciones de clorofila, sugiriendo que estos animales se agregan en aguas productivas (Smith *et al.*, 1986; Bush, 2007).

En *D. delphis* se ha observado una mayor ocurrencia en zonas con un intervalo de concentración de clorofila entre 0 y 5.9 mg/m<sup>3</sup> (Bush, 2007), esto concuerda con los valores obtenidos en las curvas de respuesta en donde se estimó el intervalo de mayor probabilidad de ocurrencia entre los 2 y 4 mg/m<sup>3</sup> de clorofila. Aunque en la mayoría de los modelos de distribución (incluso en los realizados), la concentración de clorofila mejora el resultado, no se considera una variable útil en cuanto a la interpretación biológica, especialmente en áreas con extensiones amplias (Correia *et al.*, 2019). Es importante mencionar que tanto el

fitoplancton medido por el contenido de clorofila y los cetáceos, se encuentran en los extremos opuestos de la cadena trófica marina (Smith *et al.*, 1986) por lo que la clorofila actúa como un proxy de la productividad primaria en donde existe un desfase temporal y muy probablemente un desplazamiento espacial, entre el incremento en las concentraciones de clorofila y la abundancia de presas de las que se alimentan los cetáceos (Frederiksen *et al.*, 2006; Grémillet *et al.*, 2008). Esto se respalda en lo mencionado por Castro, *et al.* (2020), quienes documentaron que un incremento en los valores de concentración de clorofila se asoció con una disminución en la tasa de abundancia de delfines, lo que pudo deberse a la sucesión que ocurre entre los consumidores primarios hacia los depredadores más grandes (Karamitros *et al.*, 2020). La importancia de esta variable en cetáceos se debe a que tanto la productividad primaria como la distribución de sus presas se ve influenciada por la concentración de clorofila (Vella *et al.*, 2021; Karamitros *et al.*, 2020). En los delfines comunes, principalmente de la especie *Delphinus delphis*, la concentración de clorofila es reportada como una variable estadísticamente importante para sus modelos de distribución (Karamitros *et al.*, 2020).

En la Región de las Grandes Islas del Golfo de California el incremento en las concentraciones de clorofila se debe en su mayoría a eventos de surgencias costeras continentales en condiciones tanto de invierno (diciembre a mayo) en las costas de Sonora y Sinaloa; como en la costa peninsular en condiciones de verano (julio a octubre), (Roden, 1958; Roden, 1964; Pérez-Arvizu *et al.*, 2013). La importancia de estos eventos se debe a que mantienen a esta región con un aporte constante de nutrientes y por consiguiente de una alta productividad primaria (Gilbert & Allen, 1943; Álvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991), lo que parece explicar el por qué en los modelos se muestra una mayor ocurrencia de delfines en la temporada fría hacia las zonas costeras, además del norte y sur de la región. En estudios

en *D. delphis* del Mediterráneo y en costas de Portugal, se determinó a la concentración de clorofila como una variable importante que afecta su distribución (Cañadas & Hammond, 2008, Castro *et al.*, 2020), además de encontrar una correlación importante entre la clorofila y el contenido del fitoplancton en sardinas (Garrido *et al.*, 2008), lo que refleja una fuerte dependencia de los delfines a la sardina como presa en estas zonas (Moura *et al.*, 2012). Se reconoce que la base de la alimentación de *D. delphis bairdii* es la sardina (Torres *et al.*, 1986), por lo que resulta importante el estudio en estos peces (Nevarez, 2000) para obtener una visión más completa sobre la distribución de estos delfines, considerando que su información es confusa y muy escasa, aun cuando son muy abundantes en la región. Además, el conocer aspectos sobre las presas de estos delfines podría contribuir a entender como son afectadas por las actividades antropogénicas (*e. g.* sobre pesca) en la región, ya que la sardina es uno de los peces de importancia comercial que sustentan una de las pesquerías más importantes en el Golfo de California (Sokolov, 1974; Cisneros- Mata *et al.*, 1988), y a su vez entender cómo los cambios en la población de sardina pueden tener un efecto en *D. delphis bairdii*.

Ahora bien, la perspectiva desde la causa-efecto entre los resultados obtenidos y la comparación con la información consultada, nos demuestra que las variables ambientales, principalmente las relacionadas a la temperatura y concentración de clorofila, no son elementos que afecten directamente a las comunidades de cetáceos, como el del delfín común de rostro largo, *Delphinus delphis bairdii*, en donde si bien, las variables contribuyen en buena medida al modelo, estas variables pueden no ser de mucha utilidad en términos de explicación biológica (Correia *et al.*, 2019), en donde éstas pueden influir en mayor medida a la distribución de las presas en lugar de los delfines. Sin embargo, la aportación este tipo de estudios funcionan como una aproximación sobre la distribución de la especie y

los factores ambientales que influyen en la distribución de ésta, la cual puede permitir un mayor entendimiento sobre la ecología de estas especies, particularmente en aquellas en donde la información básica es escasa, y así establecer mejores planes de manejo y conservación específicos.

En cuanto a su distribución, de acuerdo con Heckel, *et al.* (2018), indica que la especie abarca zonas desde California, hasta Baja California incluyendo la parte costera de la península y el Golfo de California. Esto concuerda con los resultados obtenidos en los mapas de distribución, en donde la mayor probabilidad de ocurrencia se presenta en la Región de las Grandes Islas del Golfo de California. Esta región central de Golfo cuenta con las características idóneas de batimetría (entre los 100 y 800 m; Navarro *et al.*, 2016; Fig.3), salinidad (entre los 34 y 36 psu; Aguirre *et al.*, 1995) y temperatura (entre 8° C y 30 °C; Badan-Dangon *et al.*, 1985) para la presencia de la especie en la región. Sin embargo, es importante mencionar que su distribución no está restringida a la Región de las Grandes Islas, ya que de acuerdo con los modelos (Fig. 11, 12, 13), la distribución de la especie puede abarcar zonas tanto al norte y sur del Golfo, además la zona costera al oeste de Baja California y en menor medida en Baja California Sur, lo que también concuerda con los registros de ocurrencia obtenidos en GBIF para *D. delphis bairdii* (GBIF, 2024). De igual forma, se observó una disminución en la probabilidad de ocurrencia hacia zonas tanto al norte como el sur del Golfo a pesar de presentar valores de batimetría dentro del rango, por lo que elementos como la temperatura y concentración de clorofila podrían ser factores asociados que elevaron la probabilidad de ocurrencia de la especie en la región (Fig. 11).

Los resultados arrojados funcionan como aproximación de la distribución que la especie *D. delphis bairdii* tiene en la Región de las Grandes Islas del Golfo de California, en donde se observan los intervalos de mayor probabilidad de ocurrencia de las variables que

mayor contribución en los modelos que mejor describen las preferencias ambientales de la especie, al menos en la región. De igual forma, se considera importante el estudio sobre el posible efecto de las actividades de pesca, como las de sardina, que permitirían entender mejor los cambios a corto y mediano plazo en la distribución espacial, no solo para *Delphinus delphis bairdii*, sino para las demás especies de cetáceos que se distribuyen en la región.

### Conclusión

En este trabajo se realizó la caracterización sobre la distribución potencial del delfín común de rostro largo, *Delphinus delphis bairdii*, en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Se encontró que entre las variables ambientales que mejor explican la distribución de la especie, se encuentran aquellas relacionadas con salinidad, temperatura superficial del mar, productividad (fitoplancton y clorofila) y batimetría. La mayor probabilidad de ocurrencia de la especie en la región se presentó en los intervalos de salinidad entre los 34.8 psu y 35.4 psu; entre los 12 °C y 16°C de temperatura superficial del mar, a zonas con una batimetría entre los 500m y 100m de profundidad y a valores de clorofila entre los 2 y los 10 mg/m<sup>3</sup>. Los mapas de distribución potencial mostraron una alta probabilidad de ocurrencia en la zona central del Golfo de California, además de observar el cambio de distribución entre temporadas, destacando la importancia de la Región de las Grandes Islas ya que esta puede representar una importante zona de alimentación para la especie.

## Referencias

- Aguirre, J. C., Balart, E. F., & Martínez, J. A. (1995). Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 5(1-2), 57-78.
- Alfonso Calles, F.B. (2020). Abundancia y distribución espacio-temporal del calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*) en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 61 pp.
- Álvarez-Borrego S. & Lara-Lara J.R. (1991). The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. En: Dauphin JP & Simoneit B (eds) *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists.47, Tulsa: 555–567.
- Ambrose, S. T., Froneman, P. W., Smale, M. J., Cliff, G., & S. Plön. (2013). Winter diet shift of long-beaked common dolphins (*Delphinus capensis*) feeding in the sardine run off KwaZulu-Natal, South Africa. *Marine Biology*, 160(7), 1543–1561.  
<https://doi.org/10.1007/s00227-013-2208-6>
- Arredondo-Sáinz, J.A. (2019). Abundancia y variación temporal del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en la Región Oriental de las Grandes Islas, Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 94 pp.
- Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Verbruggen H, Serrão EA, De Clerck O (2018). Bio-ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. *Global Ecol Biogeogr*.27: 277–284. <https://doi.org/10.1111/geb.12693>

- Austin, M.P. (2002) Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*, 157, 101–118.
- Azzellino, A., Gaspari, S., Airoidi, S., & B. Nani. (2008). Habitat use and preferences of cetaceans along the continental slope and the adjacent pelagic waters in the western Ligurian Sea. *Deep-Sea Res. Part I* 55, 296e323.
- Badan-Dangon, A., Koblinsky, D.J., Baumgartner, T., (1985). Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta* 8, 13–22.
- Banks, R. C., & Brownell, R. L. (1969). Taxonomy of the common dolphins of the eastern Pacific Ocean. *Journal of Mammalogy*, 50(2), 262-271.
- Barceló, A., Sandoval-Castillo, J., Brauer, C.J. *et al.* (2022). Seascape genomics of common dolphins (*Delphinus delphis*) reveals adaptive diversity linked to regional and local oceanography. *BMC Ecol Evo* 22, 88. <https://doi.org/10.1186/s12862-022-02038-1>
- Barlow J. (2016). “Cetacean Abundance in the California Current Estimated From Ship-Based Line-Transect Surveys in 1991-2014,” in NOAA Administrative Report LJ-16-01 (La Jolla, CA, USA: National Marine Fisheries Service).
- Barragán-Barrera D.C., do Amaral K.B., Chávez-Carreño P.A., Farías-Curtidor N, Lancheros-Neva R., Botero-Acosta N., Bueno P., Moreno I. B., Bolaños-Jiménez J., Bouveret L., Castelblanco-Martínez D.N., Luksenburg J. A., Mellinger J., Mesa-Gutiérrez R., de Montgolfier B., Ramos E. A., Ridoux V. y D.M. Palacios (2019). Ecological Niche Modeling of Three Species of *Stenella* Dolphins in the Caribbean Basin, With Application to the Seaflower Biosphere Reserve. *Front. Mar. Sci.* 6:10. doi: 10.3389/fmars.2019.00010
- Baumgartner, M.F., Mullin, K.D., May, L.N., Leming, T.D., (2001). Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* (Wash. DC) 99, 219–239

- Booth, C., & Thomas, L. (2021). An expert elicitation of the effects of low salinity water exposure on bottlenose dolphins. *Oceans* 2, 179–192. doi: 10.3390/oceans2010011
- Bowler, M. G. (2014). Species abundance distributions, statistical mechanics, and the priors of MaxEnt. *Theoretical Population Biology*, 92, 69–77. doi:10.1016/j.tpb.2013.12.002
- Bradie, J. & B. Leung. (2017). A quantitative synthesis of the importance of variables used in MaxEnt species distribution models. *J. Biogeogr.*, 44: 1344-1361.
- Briones, R. V., Crow, M. V. S., & K.A.S. Moncayo. (2020). Desarrollo de una guía de campo para el avistamiento de delfines en Puerto El Morro (Ecuador). *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 18(5), 737–750. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2020.18.053>
- Brown D. E. (2019). "Foreword: The Distribution of the Land Mammals of Sonora, Mexico," *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 48(1-2), 21-39. DOI: <https://doi.org/10.2181/036.048.0202>
- Brusca, R. C., Kimrey, E., & Moore, W. (Eds.). (2004). A seashore guide to the northern Gulf of California. Arizona-Sonora Desert Museum.
- Burgos Othón, T.A. (2018). Biomasa y producción fitoplanctónicas derivadas de satélite en la parte central del Golfo de California, en 2002-2017. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 51 pp.
- Bush, N. (2007). Spatio-temporal Comparisons Between Acoustic and Visual Detection of the Short-Beaked Common Dolphin (*Delphinus Delphis*) in the St. George's Channel, in Relation to Environmental Features (Doctoral dissertation, University of Wales Bangor).
- Caicero García, V., (2015). Modelos de idoneidad del hábitat para *Delphinus delphis* y *D. capensis* y su relación con la estacionalidad oceanográfica en el Pacífico Oriental Tropical. [ Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología]. Universidad Veracruzana.

- Cañadas A & Hammond PS (2008). Abundance and habitat preferences of the short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in the southwestern Mediterranean: implications for conservation. *Endangered Species Research* 4, 309–331.
- Carretta, J. V., Chivers, S. J., & W. L. Perryman. (2011). Abundance of the long-beaked common dolphin (*Delphinus capensis*) in California and western Baja California waters estimated from a 2009 ship-based line-transect survey. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 110(3), 152–164. <https://doi.org/10.3160/0038-3872-110.3.152>.
- Case, T. J., & Cody, M. L. . (1983). *Island biogeography in the Sea of Cortez*. Univ. of California Press.
- Castro, J.; Couto, A.; Borges, F.O.; Cid, A.; Laborde, M.I.; Pearson, H.C., & Rosa, R (2020). "Oceanographic Determinants of the Abundance of Common Dolphins (*Delphinus delphis*) in the South of Portugal" *Oceans* 1, no. 3: 165-173. <https://doi.org/10.3390/oceans1030012>
- Cisneros-Mara, M. A., J. A. De Anda-Montañez, J.J Estrada-Garcia, F. Páez-Barrera & A. Quiroz-S. (1988). *Pesquerías de sardina del Golfo de California y costa de Sinaloa (Informe 1986/87 y Diagnóstico)*. SePesca, Ins. Nal. de la Pesca. CRIP Guaymas. Guaymas, Sonora. Abril de 1988. 66p.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2014). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Zona Marina Bahía de los Ángeles, Canales de Ballenas y de Salsipuedes*. México. pp. 311.
- Correia, A. M., Gil, Á., Valente, R., Rosso, M., Pierce, G. J., & Sousa-Pinto, I. (2019). Distribution and habitat modelling of common dolphins (*Delphinus delphis*) in the eastern North Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(6), 1443–1457. doi:10.1017/S0025315419000249

- Cunha, H.A, de Castro, R.L., Secchi, E.R., Crespo, E.A., Lailson-Brito, J., Azevedo, A.F., et al. (2015). Molecular and Morphological Differentiation of Common Dolphins (*Delphinus* sp.) in the Southwestern Atlantic: Testing the Two Species Hypothesis in Sympatry. PLoS ONE 10(11): e0140251. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140251>
- de Boer, M.N., Saulino, J.T., Leopold, M.F., Reijnders, P.J.H., Simmonds, M.P., (2012). Interactions between short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) and the winter pelagic pair-trawl fishery off Southwest England (UK). Int. J. Biodivers. Conserv. 4, 481–499. <https://doi.org/10.5897/IJBC12.016>.
- Díaz López, B. & Methion, S. (2017). The impact of shellfish farming on common bottlenose dolphins' use of habitat. Mar. Biol. 164, 83. <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3125-x>.
- Díaz López, B. & Methion, S. (2018). Does interspecific competition drive patterns of habitat use and relative density in harbour porpoises? Mar. Biol. 165, 92. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3345-8>.
- do Amaral, K. B., Alvares, D. J., Heinzemann, L., Borges-Martins, M., Siciliano, S., & Moreno, I. B. (2015). Ecological niche modeling of *Stenella* dolphins (Cetartiodactyla: *Delphinidae*) in the southwestern Atlantic Ocean. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 472, 166–179. doi: 10.1016/j.jembe.2015.07.013
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., Lehmann, A., Li, J., G. Lohmann, L., A. Loiselle, B., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., McC. M. Overton, J., Townsend Peterson, A., J. Phillips, S., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., E. Schapire, R., Soberón, J., Williams, S., S. Wisz, M. and E. Zimmermann, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29: 129-151. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>

- Elith, J. & Leathwick, J.R., (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40, 677–697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>.
- Enríquez-Andrade, R., Anaya-Reyna, G., Barrera-Guevara, J. C., de los Ángeles Carvajal-Moreno, M., Martínez-Delgado, M. E., Vaca-Rodríguez, J., & Valdés-Casillas, C. (2005). An analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California region. *Ocean & Coastal Management*, 48(1), 31-50.
- Environmental Systems Research Institute (Esri). (2024). Cómo funciona la predicción solo de presencia (MaxEnt). <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/how-presence-only-prediction-works.htm#>
- Ewing, R. Y., Mase-Guthrie, B., McFee, W., Townsend, F., Manire, C. A., Walsh, M., et al. (2017). Evaluation of serum for pathophysiological effects of prolonged low salinity water exposure in displaced bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Front. Vet. Sci.* 4:80. doi: 10.3389/fvets.2017.00080
- Fernández-Contreras, M.M., Cardona, L., Lockyer, C.H., Aguilar, A., (2010). Incidental bycatch of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) by pairtrawlers off northwestern Spain. *ICES J. Mar. Sci.* 67, 1732–1738. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq077>.
- Forney K. A. & Barlow J. (1998). Seasonal Patterns in the Abundance and Distribution of California Cetacean-1992. *Mar. Mamm. Sci.* 14, 460–489. doi: 10.1111/j.1748-7692.1998.tb00737.x
- Frederiksen M, Edwards M, Richardson AJ, Halliday NC, and Wanless S (2006). From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. *Journal of Animal Ecology* 75, 1259–1268

- Gallo-Reynoso, J. P., F., Edna O., & C. L. Ortiz. (2014). Age estimation on long-beaked common dolphins, *Delphinus capensis*, from the Gulf of California. *Therya*, 5(2), 449-460. <https://doi.org/10.12933/therya-14-198>
- Gallo-Reynoso, J., Malek, T., García-Hernández, J., Vázquez-Moreno, L., & Segura-García, I. (2015). Concentrations of DDE in Blubber Biopsies of Free-Ranging Long-Beaked Common Dolphin (*Delphinus capensis*) in the Gulf of California. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology*, 94(1), 6–11. <https://doi.org/10.1007/s00128-014-1414-3>
- Gannier A. (2021). Present distribution of common dolphin *Delphinus delphis* in French Mediterranean and adjacent waters as obtained from small boat surveys. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*. 31(S1): 61–68. <https://doi.org/10.1002/aqc.2966>
- Garrido, S., Ben-Hamadou, R., Oliveira, P.B., Cunha, M.E., Chícharo, M.A., van der Lingen, C.D.(2008). Diet and feeding intensity of sardine *Sardina pilchardus*: correlation with satellite-derived chlorophyll data. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 354, 245e256.
- GBIF (2024). GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.n2quwp>
- Gilbert J.Y. & Allen W.E. (1943). The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the E. W. Scripps in 1939 and 1940. *Journal and Marine Research*. 5: 89-110.
- Giralt Paradell, O., Díaz López, B., & Methion, S. (2019). Modelling common dolphin (*Delphinus delphis*) coastal distribution and habitat use: Insights for conservation. *Ocean & Coastal Management*, 179, 104836. doi:10.1016/j.ocecoaman.2019.104836
- Greenwood, M. F., Stevens, P. W., & Matheson, R. E. Jr. (2006). Effects of the 2004 hurricanes on the fish assemblages in two proximate southwest Florida estuaries: change in the context of interannual variability. *Estuaries Coasts* 29, 985–996. doi: 10.1007/BF02798660

- Grémillet D, Lewis S, Drapeau L, Lingen CDVD, Huggett JA, Coetzee JC, Verheye HM, Marçalo A, Santos J, Araújo H, Monteiro S, Caldas M, Riera M and Pierce GJ (2008). Spatial match–mismatch in the Benguela upwelling zone: should we expect chlorophyll and sea-surface temperature to predict marine predator distributions? *Journal of Applied Ecology* 45, 610–621.
- Guillera-Arroita, G. et al. (2014). Maxent is not a presence absence method: a comment on Thibaud et al. – *Methods Ecol. Evol.* 5: 1192–1197.
- Guisan, A. & Zimmermann, N.E., (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135, 147–186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9).
- Guisan, A. & Thuiller, W. (2005), Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8: 993-1009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>
- Heckel, G., Ruiz-Mar, M. G., Schramm, Y., & Gorter, U. (2018). Atlas de Distribución y Abundancia de Mamíferos Marinos en México. CEMIE-Océano: Campeche, México.
- Herrera-Trujillo, O., Silva-Hernández, M., Bolaños-Jiménez, J., & Ferreira, C. (2008). Uso de hábitat de *Stenella frontalis* y *Tursiops truncatus* (Cetacea: *Delphinidae*) en la costa del Estado Aragua, Venezuela. Facultad de Ciencias. Departamento de Ecología. Universidad Central de Venezuela.
- Heyning, J.E. & Perrin W. F. (1994). Evidence for Two Species of Common Dolphin (Genus *Delphinus*) From the Eastern North Pacific. *Contrib. Sci. Museum. Natural Hist. Los Angeles.* 442, 1–35. doi: 10.5962/p.226804
- Hidalgo-González R. M. & Álvarez-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: Tropical Studies in Oceanography.* 51(6):739-752.

- Hornsby, F.E., McDonald, T.L., Balmer, B.C., Speakman, T.R., Mullin, K.D., Rosel, P.E. et al. (2017). Using salinity to identify common bottlenose dolphin habitat in Barataria Bay, Louisiana, USA. *Endangered Species Research*, 33, 181–192. <https://doi.org/10.3354/esr00807>
- Hurst, B. & Dara N (2022). Salinity Affects Wound Healing in Wild Common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). Orbach Department of Life Sciences, Texas A&M University-Corpus Christi, Corpus Christi, TX <https://doi.org/10.33697/ajur.2022.056>
- Ingrosso, M., Tintoré, B., Cipriano, G., Ricci, P., Grandjean, T., Tsimpidis, T. et al. (2024). Environmental variables influencing occurrence and distribution of *Delphinus delphis* in the eastern Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 34(1), e4031. <https://doi.org/10.1002/aqc.4031>
- Kahru, M., Marinone, S.G., Lluch-Cota, S.E., Pare's-Sierra, A., Mitchell, G., (2004). Ocean color variability in the Gulf of California: scales from the El Niño–La Niña cycle to tides. *Deep Sea Research II* 51, 139–146.
- Karamitros, G., Gkafas, G. A., Giantsis, I. A., Martsikalis, P., Kavouras, M., & Exadactylos, A. (2020). Model-based distribution and abundance of three *Delphinidae* in the Mediterranean. *Animals*, 10, 260. <https://doi.org/10.3390/ani10020260>
- Kramer-Schadt, S., Niedballa, J., Pilgrim, J.D., Schröder, B., Lindenborn, J., Reinfelder, V., Stillfried, M., Heckmann, I., Scharf, A.K., Augeri, D.M., Cheyne, S.M., Hearn, A.J., Ross, J., Macdonald, D.W., Mathai, J., Eaton, J., Marshall, A.J., Semiadi, G., Rustam, R., Bernard, H., Alfred, R., Samejima, H., Duckworth, J.W., Breitenmoser-Wuersten, C., Belant, J.L., Hofer, H. and Wilting, A. (2013), The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity Distrib.*, 19: 1366-1379. <https://doi.org/10.1111/ddi.12096>

- Lavín, M. F., & Marinone, S. G. (2003). An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. *Nonlinear processes in geophysical fluid dynamics*, 173-204.
- Lluch-Cota, S. E., Aragón-Noriega, E. A., Arreguín-Sánchez, F., Aurióles-Gamboa, D., Bautista-Romero, J. J., Brusca, R. C., ... & Sierra-Beltrán, A. P. (2007). The Gulf of California: review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in oceanography*, 73(1), 1-26.
- López, A., Pierce, G.J., Santos, M.B., Gracia, J., Guerra, A., (2003). Fishery by-catches of marine mammals in Galician waters: results from on-board observations and an interview survey of fishermen. *Biol. Conserv.* 111, 25–40. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00244-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00244-6).
- López, M., Candela, J., Argote, M.L. (2006). Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California? *Geophysical Research Letters*, 33.
- MacLeod, C. D., Weir, C. R., Santos, M. B., & Dunn, T. E. (2008). Temperature-based summer habitat partitioning between white-beaked and common dolphins around the United Kingdom and Republic of Ireland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(6), 1193–1198. doi:10.1017/S002531540800074X
- MacLeod, C.D., (2009). Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. *Endanger. Species Res.* 7, 125–136.
- Mascarenhas, A. S., & Castro, R., & Collins, C. A., y Durazo, R. (2000). Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 26(4),561-583. ISSN: 0185-3880. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48002602>
- McClain, A.M.; Daniels, R.; Gomez, F.M.; Ridgway, S.H.; Takeshita, R.; Jensen, E.D.; Smith, C.R. (2020). Physiological Effects of Low Salinity Exposure on Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *J. Zool. Bot. Gard.* 1, 61-75. <https://doi.org/10.3390/jzbg1010005>

- Medrano, L.G., & Urbán J.R., (2019). Mamíferos marinos: identidad, diversidad y conservación. *Ciencia*, 7(3) 8-19
- Merow, C., Smith, M.J. and Silander, J.A., Jr (2013), A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36: 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Milani C, Vella A, Vidoris P, Christidis A, Koutrakis E. (2021). Abundance, distribution and diet of the common dolphin, *Delphinus delphis*, in the northern Aegean Sea (Greece). *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.*; 31(S1): 76–86. <https://doi.org/10.1002/aqc.3081>
- Mintzer, V. J., & Fazioli, K. L. (2021). Salinity and water temperature as predictors of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) encounter rates in upper Galveston Bay, Texas. *Frontiers in Marine Science*, 8, 754686.
- Moura, A. E., Sillero, N., & Rodrigues, A. (2012). Common dolphin (*Delphinus delphis*) habitat preferences using data from two platforms of opportunity. *Acta Oecologica.*, 38, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.08.006>
- Murphy, S., Pinn, E.H., Jepson, P.D., (2013). The short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) in the north-east Atlantic - Distribution, ecology, management, and conservation status. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 51, 193–280.
- Natoli, A., A. Cañadas, V.M. Peddemors, A. Aguilar, C. Vaquero, P. Fernández Piqueras & A.R. Hoelzel. (2006). Phylogeography and alpha taxonomy of the common dolphin (*Delphinus* sp.). *Journal of Evolutionary Biology* 19: 943- 954.
- Navarro, R., López, M., y Candela, J. (2016). Seasonal cycle of near-bottom transport and currents in the northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121(12), 8621-8634.

- Neumann, D. R. (2001). Seasonal movements of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the north-western Bay of Plenty, New Zealand: Influence of sea surface temperature and El Niño/La Niña. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 35(2), 371–374. doi:10.1080/00288330.2001.9517007
- Nevarez Martínez, M. O. (2000). Variabilidad de la población de sardina Monterrey *Sardinops caeruleus* en el Golfo de California, México (Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.).
- Nicolosi, P., & Loy, A. (2021). Geometric morphometric methods as complementary tools to investigate variability in common dolphins (*Delphinus* sp.) using museum specimens. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31, 22-35.
- Olaya-Ponzzone, L., Espada, R., Martín Moreno, E., Cárdenas Marcial, I., & García-Gómez, J. C. (2020). Injuries, healing, and management of common dolphins (*Delphinus delphis*) in human-impacted waters in the south Iberian Peninsula. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 100(2), 315–325. doi:10.1017/S0025315420000090
- Olden, J. D., Kennard, M. J., Leprieur, F., Tedesco, P. A., Winemiller, K. O., & García-Berthou, E. (2010). Conservation biogeography of freshwater fishes: recent progress and future challenges. *Diversity and Distributions*, 16(3), 496-513.
- Osorio-Olvera, L., Lira-Noriega, A., Soberón, J., et al. (2020). NTBOX: An R package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. *Methods Ecol Evol*. 11: 1199–1206. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13452>
- Palacios, D.M., Baumgartner, M.F., Laidre, K.L., Gregr, E.J., (2013). Beyond correlation: integrating environmentally and behaviorally mediated processes in models of marine mammal distributions. *Endanger. Species Res.* 22, 191–203.

- Paradell, O. G., López, B. D., & Methion, S. (2019). Modelling common dolphin (*Delphinus delphis*) coastal distribution and habitat use: insights for conservation. *Ocean & coastal management*, 179, 104836. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104836>
- Pérez-Arvizu, Esteban M, Aragón-Noriega, E. Alberto, y Espinosa-Carreón, T. L. (2013). Variabilidad estacional de la clorofila a y su respuesta a condiciones El Niño y La Niña en el Norte del Golfo de California. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(1), 131-141. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000100011>
- Pérez-Puig. (2023). Marine Mammal Program Report 2022-2023. Technical Report. Prescott College Kino Bay Center for Cultural and Ecological Studies. Calle Cádiz y Puerto Vallarta #151, Kino Nuevo, Bahía de Kino, Sonora, México. pp 30
- Perrin W. F., Würsig, B. & J. G. M. Thewissen. (2009). *Encyclopedia of Marine Mammals*, Second Edition – San Diego/USA Academic Press 255-259.
- Phillips, S. J. (2005). A brief tutorial on Maxent. *At&t Research*, 190(4), 231-259.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., y Blair, M. E. (2017). Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887-893.
- Pirotta, E., Matthiaopoulos, J., MacKenzie, M., Scott Hayward, L., Rendell, L. (2011). Modelling sperm whale habitat preference: a novel approach combining transect and follow data. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 436, 257–272.
- Redfern, J.V., Ferguson, M.C., Becker, E.A., Hyrenbach, K.D., Good, C., Barlow, J., Kaschner, K., Baumgartner, M.F., Forney, K.A., Ballance, L.T., Fauchald, P., Halpin, P.N., Hamazaki, T., Pershing, A.J., Qian, S.S., Read, A., Reilly, S.B., Torres, L., Werener, F., (2006). Techniques for cetacean–habitat modeling. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 310, 271–295. <https://doi.org/10.3354/meps310271>.

- Renner, I. W. et al. (2015). Point process models for presence-only analysis. – *Methods Ecol. Evol.* 6: 366–379.
- Richard, C. & R. L. Brownell. (1969) Taxonomy of the Common Dolphins of the Eastern Pacific Ocean, *Journal of Mammalogy*, Volume 50, Issue 2, 12 May 1969, Pages 262–271, <https://doi.org/10.2307/1378342>
- Roden G.I. (1958). Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pac. Sci.* 12: 21–45.
- Roden, G.I., (1964). Oceanographic aspects of the Gulf of California, p. 30-58. In: Tj.H. Van Andel and G.G. Shor, Jr. (Eds.). *Marine Geology of the Gulf of California: a symposium.* Am. Ass. Petr. Geol., Memoir 3. 530 p
- Rogan, E. & Mackey, M., (2007). Megafauna bycatch in drift nets for albacore tuna (*Thunnus alalunga*) in the NE Atlantic. *Fish. Res.* 86, 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.02.013>
- Salman, N.A. & Eddy, F.B. (1988). Kidney function in response to salt feeding in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Comp. Biochem. Physiol.*, 89A(4): 535-539.
- Segura-García, I., Gallo, J. P., Chivers, S., Díaz-Gamboa, R., & Hoelzel, A. R. (2016). Post-glacial habitat release and incipient speciation in the genus *Delphinus*. *Heredity*, 117(6), 400–407. <https://doi.org/10.1038/hdy.2016.66>
- Selzer, L. A., & Payne, P. M. (1988). The distribution of white-sided (*Lagenorhynchus acutus*) and common dolphins (*Delphinus delphis*) vs. environmental features of the continental shelf of the northeastern united states. *Marine Mammal Science*, 4(2), 141–153. doi:10.1111/j.1748-7692.1988.tb00194.x
- SEMARNAT (Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2018). Golfo de California: mil 126 km. de imponente belleza y pródiga biodiversidad.

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/golfo-de-california-mil-126-km-de-imponente-belleza-y-prodiga-biodiversidad-150945>

Smith, RC; Dustan, P; Au, D; Baker, KS and Dunlap, EA (1986) Distribution of cetaceans and sea-surface chlorophyll concentrations in the California Current. *Marine Biology*, 91: 385-402

Sokolov, V. A. (1974). Investigaciones biológico pesqueras de los peces pelágicos del Golfo de California. *CalCOFI Rep*, 17, 92-96.

Svendsen, G. M. (2017). Distribución y uso de hábitat de mamíferos marinos en el golfo San Matías. [ Tesis de Doctorado]. Universidad Nacional del Comahue

Tavares, M., Moreno, I. B., Siciliano, S., Rodriguez, D., De O. Santos, M. C., Lailson-Brito Jr, J., & Fabian, M. E. (2010). Biogeography of common dolphins (genus *Delphinus*) in the Southwestern Atlantic Ocean. *Mammal Review*, 40(1), 40–64.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2009.00154.x>

Taylor, M. D., van der Meulen, D. E., Ives, M. C., Walsh, C. T., Reinfelds, I. V., and Gray, C. A. (2014). Shock, stress or signal? Implications of freshwater flows for a top-level estuarine predator. *PLoS One* 9:e95680. doi: 10.1371/journal.pone.0095680

The society for marine mammalogy (SMM). (2021). List of Marine Mammal Species and Subspecies. <https://marinemammalscience.org/science-and-publications/list-marine-mammal-species-subspecies/>

Torres, C. A. N., Ramírez, J. U., & Vidal, O. (1986). Mamíferos Marinos del Golfo de California.

[https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Nino-Torres/publication/234027887\\_MAMIFEROS\\_MARINOS\\_DEL\\_GOLFO\\_DE\\_CALIFORNIA/links/0deec51ba174a4ff49000000/MAMIFEROS-MARINOS-DEL-GOLFO-DE-CALIFORNIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Nino-Torres/publication/234027887_MAMIFEROS_MARINOS_DEL_GOLFO_DE_CALIFORNIA/links/0deec51ba174a4ff49000000/MAMIFEROS-MARINOS-DEL-GOLFO-DE-CALIFORNIA.pdf)

- Torres G., A., Esquivel M., C., & Ceballos González, G. (1995). Diversidad y conservación de los mamíferos marinos. *Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época)*, 1(1), 22–43. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.1995.1.1.157>
- Tyberghein, L., Verbruggen, H., Pauly, K., Troupin, C., Mineur, F. and De Clerck, O. (2011), Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 21: 272-281. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00656.x>
- Valles Jiménez, R., (1998). Abundancia y distribución de *Delphinus delphis* y *Delphinus capensis* en la costa occidental de la Península de Baja California [ Tesis de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022098115001975>
- van Bree Peter J. H. & P. E. Purves. (1972). Remarks on the Validity of *Delphinus bairdii* (Cetacea, *Delphinidae*). *Journal of Mammalogy*, 53(2), 372–374.  
doi:10.2307/1379178 <https://www.jstor.org/stable/1379178>
- Vella A, Murphy S, Giménez J, et al. (2021). The conservation of the endangered Mediterranean common dolphin (*Delphinus delphis*): Current knowledge and research priorities. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*. 31(S1): 110–136. <https://doi.org/10.1002/aqc.3538>
- Yackulic, C.B., Chandler, R., Zipkin, E.F., Royle, J.A., Nichols, J.D., Campbell Grant, E.H. & Veran, S. (2013). Presence-only modelling using MAXENT: when can we trust the inferences? *Methods Ecol Evol*, 4: 236-243. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12004>