

La investigación reportada en esta tesis es parte de los programas de investigación del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California).

La investigación fue financiada por el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología).

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México). El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo o titular de los Derechos Autor.

**Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California**



**Maestría en Ciencias
en Ecología Marina**

**Abundancia de delfines comunes y tursiones en la región sur
de la Corriente de California**

Tesis
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Abigail Lemus Torres

Ensenada, Baja California, México
2022

Tesis defendida por
Abigail Lemus Torres

y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Codirectora de tesis

Dr. Mario Andrés Pardo Rueda
Codirector de tesis

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

Dra. María Clara Arteaga Uribe



Dr. Rafael Andrés Cabral-Tena
Coordinador del Posgrado en Ecología Marina

Dr. Pedro Negrete Regagnon
Director de Estudios de Posgrado

Resumen de la tesis que presenta **Abigail Lemus Torres** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina

Abundancia de delfines comunes y tursiones en la región sur de la Corriente de California

Resumen aprobado por:

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Codirectora de tesis

Dr. Mario Andrés Pardo Rueda
Codirector de tesis

La estimación de abundancia permite comprender la ecología y la dinámica poblacional de las especies, y su registro a largo plazo es útil para evaluar impactos por factores antropogénicos, como la pesca y la industria. En la región sur de la Corriente de California, cubriendo toda la costa oeste de la Península de Baja California, se analizó la distribución, densidad, abundancia y variación temporal del delfín común (*Delphinus delphis*) y el tursión (*Tursiops truncatus*) de 2017 a 2021. Mediante el método de muestreo de distancias por transectos lineales, se registró al delfín común como la especie más abundante, con un máximo de 130,318 individuos (CV=0.54), seguida del tursión, con máximo 23,689 individuos (CV=0.34), ambas especies tuvieron sus máximos en octubre del 2019. Especialmente, el delfín común fue más abundante en el estrato centro-sur (20,082; CV=0.469), entre Punta Eugenia y Bahía Magdalena y el tursión fue más abundante en el estrato sur (4,413; CV=0.422), entre Bahía Magdalena y Cabo San Lucas. La densidad poblacional estimada para el delfín común fue un orden de magnitud mayor a la del tursión (360.86 y 67.44 individuos por 1,000 km², respectivamente). Estacionalmente, las mayores abundancias se presentaron durante otoño para ambas especies. Las mayores abundancias de tursiones se dieron en áreas más cálidas (sureñas) en comparación con aquellas de delfín común. Las menores abundancias de tursiones se presentaron en primavera y las de delfines comunes en verano. A partir de la información poblacional actualizada de estas dos especies de delfines, se sugiere que la instalación de plantas generadoras de energía renovable que proponga el Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano, A.C. (CEMIE-Océano) se considere para los estratos norte y/o centro-norte. De igual manera, se propone que se continúe con este tipo de trabajos para poder monitorear a las poblaciones de delfines e identificar cambios una vez instaladas las plantas y, en su caso, poder implementar estrategias de mitigación de impactos.

Palabras clave: muestreo de distancias, *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus*, abundancia, densidad, avistamientos

Abstract of the thesis presented by **Abigail Lemus Torres** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Marine Ecology

Abundance of common and bottlenose dolphins in the southern region of the California Current

Abstract approved by:

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Thesis Co-Director

Dr. Mario Andrés Pardo Rueda
Thesis Co-Director

Abundance estimation provides insight into the ecology and population dynamics of species, and its long-term records is useful for assessing impacts from anthropogenic factors, such as fishing and industry. In the southern region of the California Current, covering the entire west coast of the Baja California Peninsula, the distribution, density, abundance, and temporal variation of common dolphins (*Delphinus delphis*) and bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) were analyzed from 2017 to 2021. Using the distance sampling in line transect, the common dolphin was recorded as the most abundant species with a maximum of 130,318 individuals (CV=0.54), followed by the bottlenose dolphin with a maximum of 23,689 individuals (CV=0.34), both species had their maximums in October 2019. Spatially, the common dolphin was more abundant in the central-south stratum (20,082; CV=0.469), between Punta Eugenia and Bahía Magdalena, and the bottlenose dolphin was more abundant in the southern stratum (4,413; CV=0.422), between Bahía Magdalena and Cabo San Lucas. The estimated population density for the common dolphin was an order of magnitude higher than that of the bottlenose dolphin (360.86 and 67.44 individuals per 1,000 km², respectively). Seasonally, the highest abundances occurred during autumn for both dolphin species. The highest abundances of the bottlenose dolphin occurred in warmer (southern) areas compared to the common dolphin. The lowest abundances of the bottlenose dolphin occurred in spring and those of the common dolphin in summer. Based on the updated population information on these two dolphin species, it is suggested that the installation of renewable energy generating plants proposed by CEMIE-Oceano be considered for the northern and/or central-north strata. Similarly, it is proposed to continue with this kind of studies to be able to monitor dolphin populations and identify changes once the plants are installed and, if necessary, implement impact mitigation strategies.

Keywords: Distance sampling, *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus*, abundance, density, sightings

Dedicatoria

*A mi madre y hermano
por siempre estar*

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por parte del subproyecto “Efectos regionales sobre la distribución y abundancia de mamíferos marinos debido a la instalación de plantas productoras de energías alternativas en el océano” que forma parte de la línea “Ecología e Integración al Ambiente de Tecnologías de Energía Marina” del Centro Mexicano en Innovación de Energías del Océano (CEMIE-Océano), fondo CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética. En mayor medida, agradezco al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) por haberme aceptado dentro del programa de posgrado y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca que me permitió cursar el Posgrado en Ecología Marina, brindándome la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Agradezco especialmente a la Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski y al Dr. Mario A. Pardo por brindarme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, su gran apoyo, enseñanzas y tiempo compartido a través de este proceso. A mis sinodales por aceptar ser parte de mi comité: al Dr. Oscar Sosa Nishizaki por sus comentarios y disponibilidad, y la Dra. María Clara Arteaga Uribe por sus sugerencias y entusiasmo.

Mi agradecimiento a todos los que me apoyaron en las asesorías y análisis de datos, principalmente al Dr. Mario A. Pardo por toda su paciencia y valiosa ayuda, a Eric Rexstad por ayudarme en el manejo del paquete Distance en el Programa R, a Hugo Salinas por atender mis dudas en el programa R. Agradezco también al equipo que participó en la obtención de los datos en las salidas de campo, que sin ellos no se hubiera logrado este trabajo. A todos mis profesores del posgrado en Ecología Marina, que cada uno aportó a mi vida conocimiento, gusto por la ciencia y, sobre todo, dudas por esclarecer.

Gracias a toda la comunidad de CICESE, que en todo momento me hicieron sentir en familia, a mis compañeros y amigos que fui adquiriendo en todo este proceso y que hicieron de esta experiencia algo excepcional. También a toda mi familia, en especial a mi madre y hermano que, a pesar de la distancia, siempre tuve su apoyo y entusiasmo para seguir con mis metas.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas	x
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	3
1.1.1 Delfín común	5
1.1.2 Tursión.....	8
1.2 Pregunta de investigación	9
1.3 Hipótesis.....	10
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
Capítulo 2. Metodología.....	11
2.1 Área de estudio	11
2.1.1 Estrato Norte (Tijuana – Punta Baja).....	12
2.1.2 Estrato Centro-Norte (Punta Baja – Punta Eugenia).....	13
2.1.3 Estrato Centro-Sur (Punta Eugenia – Bahía Magdalena)	14
2.1.4 Estrato Sur (Bahía Magdalena – Cabo San Lucas)	15
2.2 Trabajo de campo.....	16

2.3	Análisis de datos.....	17
2.3.1	Transectos	18
2.3.2	Estratificación del área de estudio.....	18
2.3.3	Muestreo de distancias en transecto lineal	19
2.3.3.1	Truncado, función de probabilidad de detección y selección del modelo.....	19
2.3.3.2	Estimación de la Abundancia	21
Capítulo 3.	Resultados	23
3.1	Avistamientos, tamaño de grupo y tasa de encuentro	23
3.1.1	Distribución de los registros por especie	24
3.1.1.1	Delfín común	24
3.1.1.2	Tursión.....	25
3.1.1.3	Delfines no identificados.....	26
3.2	Estimaciones de abundancia	27
3.2.1	Distancias perpendiculares y truncado	27
3.2.2	Función de detección y selección del modelo	29
3.2.3	Densidades	31
3.2.4	Abundancia del delfín común.....	33
3.2.5	Abundancia del tursión	38
Capítulo 4.	Discusión.....	43
Capítulo 5.	Conclusiones	50
	Literatura citada	52
	Anexos	56

Lista de figuras

Figura	Página
1. Masas de agua presentes a lo largo de la costa oeste de la Península de Baja California. SAW (agua subártica), StSW (agua superficial subtropical), TSW (agua superficial tropical). (Tomado de Durazo y Baumgartner, 2002).	11
2. Estratificación del área de estudio, región oeste de la Península de Baja California. N, estrato norte; C-N, estrato centro-norte; C-S, estrato centro-sur; S, estrato sur.	12
3. Diseño de los muestreos aéreos en el área de estudio para la búsqueda y localización de odontocetos del 2017 al 2021.....	17
4. Avistamientos registrados del delfín común por temporada en todos los años de estudio. ..	25
5. Avistamientos registrados del tursi3n por temporada en todos los años de estudio.	26
6. Avistamientos registrados de delfines no identificados por temporada en todos los años de estudio.....	27
7. Distribuci3n de las distancias perpendiculares a las que se detect3 el delfín com3n. La lnea roja punteada seala la distancia a la que se trunc3 a la derecha.	28
8. Distribuci3n de las distancias perpendiculares a las que se detect3 el tursi3n. La lnea roja punteada seala la distancia a la que se trunc3 a la derecha.....	29
9. Modelo Hazard-Rate sin ajuste seleccionado para el delfín com3n. Los puntos indican las observaciones.....	31
10. Modelo Hazard-Rate sin ajuste seleccionado para el tursi3n. Los puntos indican las observaciones.....	32
11. Abundancia del delfín com3n en cada uno de los muestreos que cubrieron los cuatro estratos del área de estudio. El punto indica la estimaci3n y los bigotes sealan su intervalo de confianza m3nimo y m3ximo.....	33
12. Abundancia del delfín com3n por estrato en toda el área de estudio.	35
13. Abundancia por estrato y temporada del delfín com3n.....	36
14. Abundancia por estrato del delfín com3n de cada muestreo llevado a cabo durante los meses del a3o. Los bigotes indican los intervalos de confianza (m3nimo y m3ximo) para cada estimaci3n. Cada lnea punteada separa las estaciones del a3o.	38
15. Abundancia del tursi3n por cada uno de los muestreos que cubrieron los cuatro estratos del área de estudio. El punto indica la estimaci3n y los bigotes sealan su intervalo de confianza m3nimo y m3ximo.....	39
16. Abundancia del tursi3n por estrato en toda el área de estudio.	40

17. Abundancia por estrato y temporada del tursión.....	41
18. Abundancia por estrato del tursión de cada muestreo llevado a cabo durante los meses del año. Cada línea punteada separa las estaciones del año. Los bigotes indican los intervalos de confianza (mínimo y máximo) para cada estimación.....	42
19. Distribución del esfuerzo de muestreo por estrato en cada campaña de muestreo. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).....	57
20. Distribución del esfuerzo de muestreo por estrato por cada temporada.	57
21. Histograma del tamaño de transectos generados para la estimación de la abundancia.	58
22. Distribución de los tamaños de grupo del delfín común.	59
23. Distribución de las covariables utilizadas para la fabricación de los modelos con respecto a la distancia, para los grupos del delfín común.....	59
24. Gráfico Q-Q de la bondad de ajuste del modelo seleccionado para la función de probabilidad de detección para el delfín común.....	60
25. Distribución de los tamaños de grupo del tursión.	61
26. Distribución de las covariables utilizadas para la fabricación de los modelos con respecto a la distancia, para los grupos del tursión.	61
27. Gráfico Q-Q de la bondad de ajuste del modelo seleccionado para la función de probabilidad de detección para el tursión.....	62

Lista de tablas

Tabla	Página
1. Avistamientos por estrato y tamaño promedio de grupo de cada especie. Estratos: N (Norte), C-N (Centro-Norte), C-S (Centro-Sur), S (Sur).....	23
2. Tasa de encuentro (número de individuos observados por 100 km de esfuerzo) por especie por año de muestreo y media de todos los años.	24
3. Diferentes modelos con la función clave Hazard-Rate sin ajuste para cada grupo de delfines, mostrando los 5 modelos con su AIC de menor a mayor mejores ajustados para cada uno, con su respectiva prueba y valor de p. <i>D. delphis</i> con un truncado a la derecha de 9, <i>T. truncatus</i> de 3.8. El valor AIC marcado en negrita para cada grupo de delfines, fue el modelo seleccionado. Pa=Probabilidad de detección. μ =ancho de banda efectivo (km). Covariables: BFT=Beaufort, D=deslumbramiento, TG=tamaño de grupo, V=visibilidad.....	30
4. Densidades por estrato (D (Número de individuos por 1,000 km ²)) con su coeficiente de variación (CV(D)) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para cada grupo de delfines. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).....	32
5. Abundancia (promedio de ocho muestreos) por estrato (N) con su coeficiente de variación (CV(N)) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para cada grupo de delfines. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).....	34
6. Abundancia por estrato y temporada (N) con su coeficiente de variación (CV(N)) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para cada grupo de delfines. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).....	37
7. Esfuerzo de muestreo por cada estrato.....	56

Capítulo 1. Introducción

El sistema de la Corriente de California se caracteriza por ser amplia y lenta, donde el flujo superficial considerablemente frío y muy productivo se dirige al Ecuador y se extiende a lo largo de la costa oeste de América del Norte hasta la Corriente Norecuatorial. Este sistema puede dividirse en tres regiones, al norte de California, al centro de California y Baja California (Lynn y Simpson, 1987). La última región es reconocida como de transición, ya que confluyen masas de agua subártica que circulan hacia el sur, y agua tropical y subtropical que se dirigen hacia el norte (Durazo et al., 2010), esto último debido a la influencia de la Contracorriente Norecuatorial. Por lo tanto, se crea un ambiente dinámico y complejo que beneficia la alta diversidad de especies por el alto nivel de producción biológica tanto estacional como interanual, donde se pueden encontrar tanto especies de aguas templadas como subtropicales e incluso tropicales.

En general, el flujo de la Corriente de California es más fuerte hacia el Ecuador en primavera y verano; y más fuerte hacia los polos (por el contraflujo costero) en otoño e invierno. En la región sur (Baja California) el flujo hacia el Ecuador es más fuerte a lo largo de la costa en marzo y abril (Lynn y Simpson, 1987), donde la influencia de las masas de agua subárticas es mayor por los vientos más intensos del noroeste (Castro y Martínez, 2010; Durazo et al., 2010). Además, por las fuertes surgencias costeras, el crecimiento del fitoplancton es mayor presentando sus máximos valores en primavera-verano (Gaxiola-Castro et al., 2010). En invierno es más marcado el contraflujo que el resto de las estaciones del año (Lynn y Simpson, 1987), cuando los vientos son menos intensos (Castro y Martínez, 2010) y las concentraciones de clorofila-*a* son menores (Gaxiola-Castro et al., 2010). La posición latitudinal de las masas de agua que influyen la región y los procesos de surgencia favorecen la disponibilidad de alimento para depredadores con distribución tropical y templado-cálida, como los delfines comunes (*Delphinus delphis*) y tursiones (*Tursiops truncatus*).

La dieta de los delfines comunes incluye peces mesopelágicos (predominan peces de la familia Myctophidae, Pauly et al., 1998) y epipelágicos, alimentándose de pequeños cardúmenes, aunque también pueden consumir pequeños cefalópodos y crustáceos (Pusineri et al., 2007), y otros grupos de la capa de dispersión profunda (Pauly et al., 1998). Esta especie comúnmente hace agregaciones grandes (de cientos a miles de individuos), lo que aumenta la interacción social (cuidado de crías, conductas reproductivas), también como una estrategia para capturar cardúmenes grandes de peces (Jefferson et al., 2015). El tamaño de las agrupaciones tiene correlación con la disponibilidad de alimento y la longitud corporal (Díaz y Ortega, 2019). La mayoría de las presas de los tursiones costeros son bentónicas (principalmente peces demersales como gadoides y perciformes, Pauly et al., 1998), por lo que la especie

presenta una distribución más costera. Aunque algunas de sus presas se encuentran en la superficie o en ambientes pelágicos, los escómbridos y mugílidos son sus presas de mayor preferencia (Wells y Scott, 2009). Esta especie puede presentar diferencias en el área de alimentación, las hembras lactantes y sus crías se alimentan en la zona cercana a la costa, los juveniles un poco más lejos de ésta y las hembras en reposo y machos adultos aún más lejos. Su rango de distribución está relacionado con la distribución de sus presas (Wells y Scott, 2009).

Los estudios de abundancia y densidad poblacional brindan conocimiento fundamental para una gestión y conservación eficaces para cualquier especie de interés. También permiten inferir los cambios a diferentes escalas de espacio y tiempo. Dichos cambios son modulados por los requerimientos ecológicos de cada especie, como los tipos de presa, estrategias de alimentación, morfología, comportamiento y distribución, acordes a las necesidades biológicas y fisiológicas (Pérez-Cortés et al., 2000). Uno de los métodos más usados para estimar abundancia es el muestreo de distancias en transecto lineal. Permite responder preguntas como, ¿cuántos animales hay?, ¿existen diferencias en sus abundancias?, ¿hay un aumento o disminución de sus abundancias? Este método es el más utilizado para estimar abundancias de cetáceos (Buckland et al., 2001), el cual se puede realizar por embarcación o por avioneta, buscando cumplir los supuestos: las distancias perpendiculares son exactas, se detectan los animales antes de que éstos detecten al observador y se asume (en el método estándar) que se detectan a todos los animales a una distancia 0, $g(0)=1$ (Buckland et al., 2001). Aunque esto último no se cumple para los cetáceos, ya que la mayor parte del tiempo, están bajo el agua.

En las primeras dos regiones del sistema de la Corriente de California (al norte y en el centro de California) se han llevado a cabo estudios sobre la abundancia y distribución de cetáceos mediante muestreos de distancias, cubriendo aguas de California, Oregon y Washington. Se ha documentado que dentro de los odontocetos más abundantes se encuentran el delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis delphis*) y de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*). Los delfines comunes son generalmente especies de ambientes templados de surgencia (Pardo et al., 2015), por lo que son más frecuentes al centro y sur de California, al igual que los tursiones, donde sus mayores abundancias se han presentado al sur de California (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010). Se ha evidenciado por estudios en la región sur de California que los delfines comunes son más abundantes en verano-otoño, en aguas <2,000 m de profundidad (Douglas et al., 2014), además que el delfín común de rostro corto es la subespecie más abundante en invierno (Campbell et al., 2015).

En la región sur de la Corriente de California, cubriendo toda la costa oeste de la Península de Baja California, las dos subespecies del delfín común presentaron un traslape latitudinal, aunque el delfín de rostro corto se presentó más al norte frecuentando aguas fuera de la plataforma continental y el de rostro largo comúnmente más al sur a profundidades más someras en comparación con el de rostro corto, durante febrero y junio de 1994. También se han registrado diferencias temporales en sus abundancias, donde el de rostro largo fue más abundante en verano y el de rostro corto en invierno (Valles, 1998).

Trabajos posteriores se han realizado en diferentes puntos de la región, por ejemplo, al norte de Punta Salsipuedes, Baja California, se registró que los delfines comunes son más abundantes, seguidos del delfín de costados blancos del Pacífico (*Lagenorhynchus obliquidens*) y el tursiÓN. Además, se mostraron diferencias espaciales relacionadas con la batimetría del lugar, donde el tursiÓN fue la especie que se encontró a profundidades más someras y el delfín común a mayores profundidades (Rivera, 2008). Más al sur, en San Quintín se ha registrado que el tursiÓN es más frecuente en verano, además que esta especie frecuenta las zonas cercanas a la boca de la bahía para alimentarse (Morteo et al., 2004). Si bien se han realizado evaluaciones de densidad y distribución de odontocetos con mayor esfuerzo de muestreo para las regiones norte y centro de la Corriente de California y en diferentes zonas en la región sur, no se ha tenido un registro completo de toda la Península de Baja California. Por lo que se desconoce si existe alguna diferencia en la abundancia y variabilidad espacio-temporal de delfines comunes y tursiones en esta región respecto a otra zona de la Corriente de California.

En el caso particular de delfines comunes y tursiones que frecuentan esta zona, es importante estimar su abundancia y analizar su variación espacial y estacional para comprender tanto su ecología como su dinámica poblacional en esta región de transición oceanográfica. Además, será útil para poder evaluar los impactos a largo plazo por factores antropogénicos (pesca, industria), ya que en esta región hay interés para la instalación de plantas generadoras de energía renovable en el océano, proyecto por parte del Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano, A.C. (CEMIE-Océano). Llevar un seguimiento de la abundancia de estas especies antes, durante y después de la instalación es fundamental para reconocer cualquier cambio y en su caso poder implementar estrategias de mitigación de impactos.

1.1 Antecedentes

El orden Cetartiodactyla comprende a todos los cetáceos, aquellos que cuentan con barbas para filtrar presas (misticetos) y los que presentan dientes (odontocetos) para capturar presas individuales. En este

último grupo se incluyen a cachalotes, zifios, delfines y marsopas. En el mundo se han identificado 75 especies de odontocetos, de las cuales 30 se distribuyen tanto en aguas costeras como oceánicas en México. Las familias que representan estas especies son: Physeteridae (1 especie), Kogiidae (2), Ziphiidae (8), Delphinidae (17) y Phocoenidae (2) (Heckel et al., 2018). La familia Delphinidae representa el 53% de la diversidad mundial (Díaz y Ortega, 2019). De las 30 especies, 23 son las que se distribuyen al oeste de la Península de Baja California, comprendiendo cuatro familias: Physeteridae (1 especie), Kogiidae (2), Ziphiidae (5) y Delphinidae (15) (Jefferson, et al., 2015; Heckel et al., 2018).

La familia Delphinidae es la más diversa entre los cetáceos. Su distribución está influenciada no solo por límites oceanográficos (como líneas de costa y bahías), sino también, por características más dinámicas como mareas, corrientes y fenómenos oceanográficos de gran escala. Esto indica que ocupan diferentes tipos de hábitat, lo que se refleja en las adaptaciones morfológicas, principalmente modificaciones en el tamaño corporal, la forma de su rostro (largo y ancho) y dientes (tamaño, forma, número) (Pérez-Cortés et al., 2000). Y son estas adaptaciones por las que se pueden distinguir aquellas especies con afinidad más costera u oceánica.

El conocimiento de la abundancia de las especies permite comprender su dinámica poblacional y su ecología, ayuda a responder preguntas sobre la relación que tienen dichas especies con su entorno, el por qué está presente en un sitio u otro. Para ello, existen métodos que permiten estimar sus abundancias, entre los que se incluyen: la extrapolación a partir de conteos de individuos, análisis de marcado y recaptura, donde los individuos son marcados con etiquetas o fotografías (Hammond, 2010) y el muestreo de distancias mediante transecto lineal como más utilizado para cetáceos (Buckland et al., 2001). La utilización de cada método depende de las características de la especie, los recursos disponibles para la recopilación de datos y el uso previsto para las estimaciones. Aunque existen observaciones desde tierra, conteo de rastros y el muestreo acústico, comúnmente cuando se trata de mamíferos marinos, se requiere más a menudo de una embarcación o avioneta, ya que, para una buena cobertura de la distribución de especies de amplia distribución (como las especies de la familia Delphinidae), se necesitan estudios a gran escala. Es importante estimar abundancias sólidas, eso depende de qué tan bien se cumplan los supuestos del método a utilizar, pues al no cumplirlos generalmente da como resultado estimaciones sesgadas; equilibrar el sesgo y la precisión son fundamentales para una buena estimación de abundancia (Hammond, 2010).

1.1.1 Delfín común

El delfín común (*Delphinus delphis*) pertenece a la familia Delphinidae y se distinguen dos subespecies: delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis delphis*) y de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*). Estas se pueden distinguir además de su morfología, por su distribución. El delfín común de rostro largo se distribuye en aguas templadas y tropicales cercanas a la costa. En el Pacífico Oriental se encuentra desde Punta Concepción, California, EUA, hasta Perú. Presenta una longitud total de 2.02 – 2.54 m en machos y 1.93 – 2.22 m en hembras, respectivamente. Sus presas incluyen principalmente cardúmenes de peces y calamares pequeños, y grupos asociados a la capa de dispersión profunda (Jefferson et al., 1993); además, peces demersales y anádromos, con menor preferencia pequeños escombroides y grupos afines (Pauly et al., 1998). Esta subespecie es ligeramente menos robusta que el delfín común de rostro corto (Pérez-Cortés et al., 2000; Jefferson et al., 2015; Heckel et al., 2018).

El delfín común de rostro corto se encuentra en aguas tropicales, subtropicales y templadas, tanto en aguas costeras como oceánicas, aunque con preferencia por estas últimas, desde la Columbia Británica en Canadá hasta el sur de Chile. Los adultos alcanzan una longitud total de 1.72 – 2.23 m en machos y 1.64 – 2.15 m en hembras. Dentro de su dieta se incluyen cardúmenes de peces pequeños epipelágicos (Pérez-Cortés et al., 2000; Jefferson et al., 2015; Heckel et al., 2018) y calamares de 50 cm de longitud como la familia Gonatidae y aquellos >50 cm como Onychoteuthidae (Pauly et al., 1998).

Se ha evidenciado en las costas de California, que el delfín común de rostro corto sigue variaciones oceanográficas, con movimientos de sur a norte y hacia fuera de la costa durante verano, caso contrario para invierno, cambiando sus abundancias (Forney y Barlow, 1998). Trabajos en el Pacífico nororiental evidencian este patrón (Douglas et al., 2014; Campbell et al., 2015).

Barlow (1997) estimó abundancias de cetáceos mediante transectos lineales sistemáticos desde barco, diferenciando dos estratos, California y Oregon-Washington. Para el estrato de Oregon-Washington la subespecie de rostro corto fue la segunda más abundante (11,194 individuos) y para el estrato de California, fue el cetáceo más abundante (326,815). Anteriormente, con el mismo método, en California se registraron abundancias más altas para la misma subespecie (372,425); indicando que el cambio más notable se dio por un aparente aumento en las tasas de encuentro de delfines de ambientes templado y tropical (como los delfines comunes), y una disminución de delfines de ambientes fríos, como la marsopa de Dall (*Phocoenoides dalli*) (Barlow y Gerrodette, 1996).

En la región norte de la Corriente de California, se ha estimado la abundancia de cetáceos mediante transectos lineales desde barco, donde las familias Delphinidae y Phocoenidae fueron las más abundantes. En California, el delfín común de rostro corto (66,940 individuos) fue la subespecie más abundante, seguida de la marsopa de Dall (27,410) y el delfín de costados blancos del Pacífico (4,137). Sin embargo, para las aguas más al norte, frente a Oregon y Washington, se invierten los papeles, donde el delfín común de rostro corto fue la tercera más abundante (4,555). Con estas estimaciones, se pueden observar algunos patrones geográficos de las especies: la marsopa de Dall al ser una especie de clima frío, fue más abundante en aguas de Oregon-Washington mientras que el delfín común de rostro corto presentó sus menores abundancias en esta región (Barlow y Forney, 2007). Barlow y Forney (2007) también observaron diferencias temporales, encontrando que, entre los años analizados, fue en 1996 cuando las especies de clima frío dominaron en abundancia. Estudios posteriores con el mismo método mostraron un patrón similar en las abundancias (Barlow, 2010). Frente al centro de California, el delfín común de rostro corto fue más abundante que el delfín común de rostro largo (103,300 y 12,640, respectivamente); al sur de California ambas subespecies mostraron abundancias aún mayores (152,000 y 16,480, respectivamente) (Barlow, 2010).

En las costas de California, los delfines comunes variaron estacionalmente entre 1991 y 1992: para verano se estimaron 92,202 individuos y para invierno 305,694 (Forney y Barlow, 1998). Por lo complicado que resulta diferenciar en campo las dos subespecies de delfines comunes, se suelen combinar los avistamientos como en este estudio para la obtención de la abundancia general, aunque el 96% de las identificaciones pertenecen al delfín común de rostro corto. Éste último, ha mostrado movimientos hacia fuera de la costa y más al norte en verano (Forney y Barlow, 1998).

Al sur de California, el delfín común de rostro es el más abundante (165,400), seguido del delfín común de rostro largo (17,530) y el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*) (12,529) (Barlow y Forney, 2007). Frente al sur de California, entre 2004 y 2008, se registró al delfín común de rostro corto como más abundante, con mayores densidades en verano-otoño en aguas poco profundas (1,319.69 animales por 1,000 km²), aunque estuvo presente en todas las estaciones y en todas las profundidades; la segunda más abundante fue el delfín común de rostro largo, con su mayor densidad en verano-otoño (687.87), destacando que esta subespecie solo estuvo presente en aguas poco profundas (Douglas et al., 2014).

Estudios entre 2004 y 2013 mostraron que el delfín común de rostro corto fue el más abundante (167,988 individuos); en 2010 presentó su menor densidad (331.87 animales por 1,000 km²) y en 2004 su mayor densidad (1,029.91). Estacionalmente, el delfín de rostro corto presentó su mayor densidad en invierno

(947.40) y su menor densidad en primavera (155.70). Esto evidencia la variabilidad interanual que presenta la especie, y también su distribución estacional, ya que se presentó más en verano y menos en primavera. Durante verano y otoño estuvo presente en toda el área, pero en invierno se agregó más hacia fuera de la costa y, al igual que en primavera, se agrupó en la zona sur (Campbell et al., 2015).

Con datos de 1994 colectados de Ensenada, B. C. hasta Cabo San Lucas, B. C. S. mediante transectos lineales desde barco, se pudo estimar la distribución latitudinal del delfín común de rostro corto y de rostro largo (Valles, 1998). A pesar de que existió un traslapo, el delfín común de rostro corto se encontró principalmente al norte y el delfín común de rostro largo al sur. En invierno el delfín común de rostro corto se presentó entre los $32^{\circ}\text{N} - 29^{\circ}\text{N}$, con el avistamiento más sureño cerca de los 26°N ; para el delfín común de rostro largo su distribución se concentró entre $30^{\circ}\text{N} - 28^{\circ}\text{N}$, con algunos avistamientos cerca de Bahía Magdalena ($26^{\circ}\text{N} - 24^{\circ}\text{N}$). En verano, el delfín común de rostro corto amplió su distribución más al sur ($32^{\circ}\text{N} - 26^{\circ}\text{N}$); y de igual manera el delfín común de rostro largo se concentró más al sur ($26^{\circ}\text{N} - 23^{\circ}\text{N}$) con algunos avistamientos más al norte ($30^{\circ}\text{N} - 32^{\circ}\text{N}$). En invierno ambas se concentraron más alejadas de la costa (32 km y 34 km, delfín común de rostro corto y de rostro largo respectivamente) en comparación con el verano (29 km y 26 km respectivamente). Sin embargo, hubo diferencias significativas entre los promedios de profundidad en los que se encontraban las subespecies, el delfín común de rostro corto se encontró a mayores profundidades (877 m y 759 m en invierno y verano respectivamente); el delfín común de rostro largo a menores profundidades (193 m y 253 m respectivamente) (Valles, 1998).

Los registros de abundancia mostraron que ambas especies aumentaron su número durante verano. En invierno el delfín común de rostro corto fue más abundante (55,960 individuos) que el delfín común de rostro largo (35,164). Para verano, los papeles se invirtieron, donde el delfín común de rostro largo fue más abundante (90,264) que el delfín común de rostro corto (84,607). Además, mediante un análisis de correspondencia canónica se demostró que el delfín común de rostro largo se encontraba en lugares con valores altos de temperatura y salinidad, y niveles altos de clorofila-*a* y biomasa zooplanctónica; en cambio, el delfín de rostro corto se encontraba en lugares con valores bajos de temperatura y salinidad, al igual que niveles bajos de clorofila-*a* y biomasa zooplanctónica (Valles, 1998).

Del 2003 – 2006, al norte de Punta Salsipuedes, Baja California, se realizaron observaciones de odontocetos desde tierra. El delfín común registró el mayor número de individuos (62,544). Con respecto a su abundancia relativa, presentó 50 delfines/hora de esfuerzo de observación. Además, se concentró más alejado de la costa que otras especies, en zonas más profundas (>100 m). Anualmente mostró diferencias significativas, entre diciembre 2005 y mayo 2006 se encontró en regiones más alejadas de la

costa y más profundas, en comparación con los años anteriores. Además, mostró un aumento en la ubicación de sus avistamientos con respecto a la distancia a la costa conforme pasaron los años (Rivera, 2008).

Con datos del 2009, para toda la costa oeste de Baja California se generaron estimaciones de abundancia para el delfín común de rostro largo mediante transectos lineales desde barco, registrando un total de 95,789 individuos con una densidad de 545 individuos por 1,000 km² (Carretta et al., 2011).

1.1.2 Tursión

El tursión (*Tursiops truncatus*) también pertenece a la familia Delphinidae y se encuentra tanto en aguas costeras como oceánicas, distribuyéndose en aguas tropicales y templadas entre los 45°N y 45°S, aunque se concentra más en zonas cercanas a la costa. Su longitud total es de 2.30 – 3.10 m, y puede variar geográficamente. Se alimentan principalmente de peces (sciaénidos, escómbridos, mugílidos) y calamares (Pérez-Cortés et al., 2000; Jefferson et al., 2015; Heckel et al., 2018).

Frente a California, el tursión presentó una abundancia de 320 individuos (Barlow, 1997). Sin embargo, la especie no tuvo ningún registro en aguas de Oregon-Washington, y fue la especie de odontoceto menos abundante. Sin embargo, con la misma metodología, se registró para California una abundancia de 1,850 individuos (Barlow y Gerrodette, 1996).

Al norte de California, el tursión tuvo una abundancia de 133 individuos, para aguas más norteñas (costa de Oregon-Washington) la especie no estuvo presente (Barlow y Forney, 2007). También se observaron diferencias temporales entre los años analizados (1991 – 2005), pues en 2001 la especie fue más abundante (5,375 individuos) (Barlow y Forney, 2007). Posteriormente, con la misma metodología la estimación de sus abundancias fue similar, 115 individuos en California y sin registros para Oregon-Washington (Barlow, 2010).

En las costas de California se estimaron abundancias de cetáceos mediante transectos lineales, para la temporada de verano los muestreos se hicieron por barco y para invierno los muestreos fueron aéreos. El tursión registró para verano 1,169 individuos y para invierno 3,260 aunque la especie mostró una menor abundancia en verano, esta diferencia no fue significativa (Forney y Barlow, 1998).

Barlow y Forney (2007) registraron al tursi3n en todo California, al centro de California fue donde tuvo sus menores abundancias (61 individuos) y al sur de California fue la zona donde la especie mostr3 sus mayores abundancias (1,831). Estudios posteriores encontraron un patr3n similar en la abundancia. Al centro de California con una abundancia de 65 individuos y al sur de California con una abundancia de 1,758 (Barlow, 2010). Al sur de California se registr3 su mayor densidad (40.32 animales por 1,000 km²) en verano-oto3o en aguas poco profundas, seguida de la densidad en invierno-primavera en aguas poco profundas (22.12), teniendo sus menores densidades en invierno-primavera en aguas profundas (0.97) (Douglas et al., 2014).

Estudios en localidades costeras de Baja California, han descrito la distribuci3n y movimientos que realizan ciertos cet3ceos, como los tursiones al sur de Bah3a de San Quint3n, donde se registr3 mediante fotoidentificaci3n que el 99% de los 242 individuos identificados entre 1999 – 2000 se encontraban a profundidades menores a siete metros y la mayor agregaci3n se dio en la zona m3s norte3a del 3rea y en regiones de sustrato arenoso (99 y 137 individuos respectivamente). Se dio un aumento significativo del n3mero de individuos durante el verano (120 individuos), en primavera se dio la menor frecuencia (3). La densidad media fue de 1 delf3n por km², aunque para el verano aument3 a 2.06 delfines por km² (Morteo et al., 2004). Estos autores recalcan la necesidad de realizar investigaciones de esta 3ndole a escalas temporales m3s amplias, para tener una continuidad que respalde los movimientos de las especies y no se lleguen a mal interpretar.

Del 2003 – 2006, al norte de Punta Salsipuedes, Baja California, con observaciones desde tierra, el tursi3n fue la tercera especie con mayor n3mero de individuos observados (1,156), con una abundancia relativa de 1 delf3n/hora de esfuerzo; anual y estacionalmente no se observ3 alguna diferencia significativa con base en su abundancia relativa. Sin embargo, de acuerdo con la batimetr3a y con la media de la distancia a la costa, la especie fue la m3s costera de los odontocetos, distribuy3ndose a profundidades menores a los seis metros (Rivera, 2008).

1.2 Pregunta de investigaci3n

¿Cu3les son los patrones espacio-temporales de abundancia de delfines comunes y tursiones en la regi3n sur de la Corriente de California?

1.3 Hipótesis

El tursi3n (*Tursiops truncatus*) y el delf3n com3n (*Delphinus delphis*) habitan la regi3n sur del sistema de la Corriente de California, a lo largo de la costa oeste de la Pen3nsula de Baja California, con variaciones estacionales presentando una mayor abundancia durante la temporada de invierno y las menores en primavera, cuando la influencia del sistema de la Corriente de California es m3s intensa.

Existe una separaci3n espacial entre las especies, aquellas que se presentan m3s cercanas a la costa pertenecen al tursi3n (*Tursiops truncatus*) y los m3s alejados al delf3n com3n (*Delphinus delphis*).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Estimar la abundancia e inferir la variaci3n espacio-temporal del delf3n com3n y del tursi3n en la regi3n sur del sistema de la Corriente de California del 2017 al 2021.

1.4.2 Objetivos espec3ficos

- Ajustar una funci3n de probabilidad de detecci3n para cada especie.
- Estimar la abundancia de cada especie en diferentes estratos del 3rea de estudio.
- Analizar la variaci3n temporal de la abundancia de cada especie.

Capítulo 2. Metodología

2.1 Área de estudio

En las aguas oceánicas al oeste de la Península de Baja California, se encuentra la región sur del sistema de la Corriente de California, con características típicas de un sistema de circulación de frontera oriental: en el hemisferio norte como surgencias costeras asociadas a los patrones de vientos, flujo superficial predominante hacia el Ecuador, y una contracorriente subsuperficial hacia el polo a lo largo del talud continental. En esta región confluyen masas de agua subártica (hacia el sur por el flujo de la Corriente de California), tropical y subtropical (provenientes del sur y suroeste de la península) (Figura 1); sus fronteras cambian de posición a diversas escalas temporales (semanales a decadales) y su mezcla modula la diversidad biológica (Lynn y Simpson, 1987; Durazo y Baumgartner, 2002; Durazo et al., 2010).

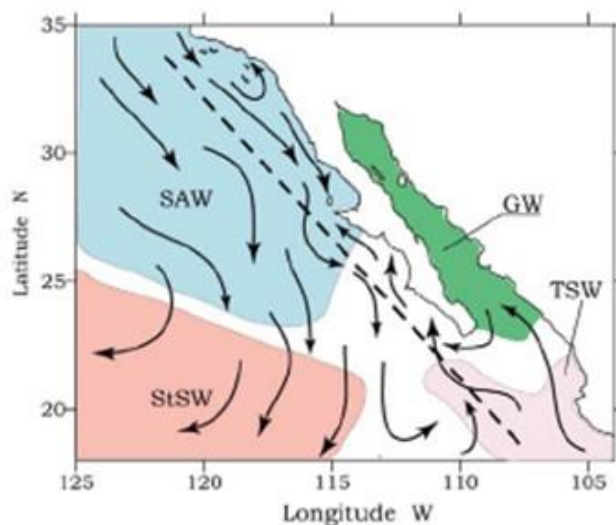


Figura 1. Masas de agua presentes a lo largo de la costa oeste de la Península de Baja California. SAW (agua subártica), StSW (agua superficial subtropical), TSW (agua superficial tropical). (Tomado de Durazo y Baumgartner, 2002).

El área de estudio se dividió geográficamente en cuatro estratos, con la finalidad de hacer comparaciones de estimaciones de abundancia por región. Esta división se basó en características físico-biológicas del área de estudio. Los estratos resultantes fueron: norte, de Tijuana (32°N – 117°O) hasta Punta Baja (29°N – 115°O), centro-norte, de Punta Baja (29°N – 115°O) a Punta Eugenia (27°N – 115°O), centro-sur, de Punta Eugenia (27°N – 115°O) a Bahía Magdalena (25°N – 113°O), y sur, de Bahía Magdalena (25°N – 113°O) a Cabo San Lucas (22°N – 109°O) (Figura 2).

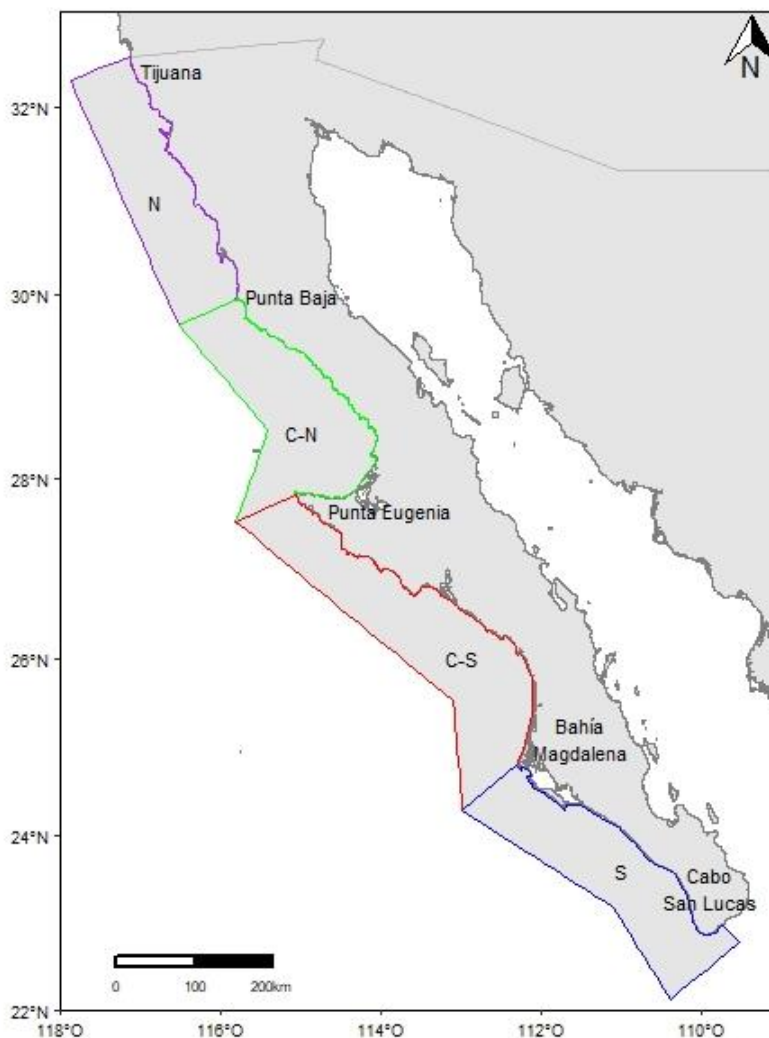


Figura 2. Estratificación del área de estudio, región oeste de la Península de Baja California. N, estrato norte; C-N, estrato centro-norte; C-S, estrato centro-sur; S, estrato sur.

2.1.1 Estrato Norte (Tijuana – Punta Baja)

Este estrato forma parte de la provincia de San Diego (Horn et al., 2006) y está influenciado por la Corriente de California durante todo el año, dominado por aguas subárticas. Los mínimos de temperatura se presentan cerca de la costa, por influencia de las surgencias costeras. Sin embargo, estas se intensifican en primavera, por acción de los vientos del noroeste (Castro y Martínez, 2010), y se presentan temperaturas superficiales de hasta 14°C y salinidades de 33.5 UPS (Durazo et al., 2010), asociadas también a una alta productividad biológica a lo largo de la costa (Gaxiola-Castro et al., 2010). En otoño, cuando los vientos son menos intensos (Castro y Martínez, 2010), se presentan las temperaturas superficiales más altas (Durazo et al., 2010) y las menores concentraciones de fitoplancton, junto con las de invierno (Gaxiola-Castro et al., 2010).

Los valores más altos de producción primaria integrada para esta región se presentan en las zonas cercanas a la costa ($\sim 100 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), más extendidos ($>100 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) hacia fuera de la costa al norte de Punta Baja. Las aguas frente a la Península de Baja California se encuentran en una zona de transición latitudinal entre condiciones mesotróficas y oligotróficas, donde las concentraciones de clorofila-*a* superficial disminuyen fuera de la costa, excepto a la latitud $\sim 32^\circ\text{N}$ donde se presenta el frente de Ensenada, que es más evidente en verano (Gaxiola-Castro et al., 2010).

En primavera y verano (temporada de surgencias), se ha registrado el mayor promedio de abundancia larval; taxones de hábitat mesopelágico (presas del delfín común) han presentado sus mayores abundancias en toda el área de estudio. El pez luminoso punteado (*Vinciguerria lucetia*) y pez linterna (*Diogenichthys laternatus*) como especies dominantes la mayor parte del año (Jiménez-Rosenberg et al., 2010), este último de la familia Myctophidae, que es de mayor preferencia para delfines comunes (Pauly et al., 1998). Estas presas del delfín común se alimentan de zooplancton, que en esta región son especies mayormente pastoreadoras y tienen poblaciones muy numerosas. *Thysanoessa gregaria* (eufáusido) es muy abundante en enero-abril. Los quetognatos, sifonóforos y ctenóforos (depredadores), además del ictioplancton, son más abundantes en abril; *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera* (eufáusidos) son más abundantes en abril-julio. Las salpas y medusas tienen sus máximos en julio; *Euphausia gibboides* es más abundante en julio-octubre; especies afines a la temporada de surgencias. Estomatópodos, cefalópodos y larvas de poliquetos son taxones escasos en esta región (Lavaniegos et al., 2010).

2.1.2 Estrato Centro-Norte (Punta Baja – Punta Eugenia)

Al igual que el estrato Norte, este también forma parte de la provincia de San Diego (Horn et al., 2006) y está influenciado por aguas del subártico durante todo el año. En primavera presenta las mismas condiciones de temperatura y salinidad que en el estrato Norte, aunque las condiciones de salinidad se mantienen hasta verano (Durazo et al., 2010), que por las surgencias costeras se tiene un mayor crecimiento de fitoplancton, presentando las mayores concentraciones medias de clorofila-*a* ($>3 \text{ mg m}^{-3}$) (Gaxiola-Castro et al., 2010). Durante otoño se presentan las temperaturas más altas (20°C) con valores de salinidad de 33.6 – 33.7 UPS al igual que en invierno (Durazo et al., 2010), y coinciden con las estaciones del año de vientos menos intensos (Castro y Martínez, 2010) y las menores concentraciones de fitoplancton (Gaxiola-Castro et al., 2010).

En este estrato, los vientos del noroeste no soplan favorables a las surgencias debido a la orientación de la costa de Bahía Vizcaíno (Castro y Martínez, 2010), donde alrededor de la latitud 20°N se encuentra la mayor prominencia costera en todo el sistema de la Corriente de California (Durazo et al., 2010). Aun así, los valores más altos de producción primaria integrada ($\sim 100 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) son cercanos a la costa (Gaxiola-Castro et al., 2010).

Aproximadamente en el 80% de toda la región de la Península de Baja California se distribuyen las diatomeas (tamaño $>5 \mu\text{m}$), dominando las tallas que pertenecen a las nanodiatomeas (5-20 μm) (Millán-Núñez, 2010). Con respecto al zooplancton, en este estrato, los copépodos y eufáusidos presentan sus máximas abundancias en abril-julio como *T. gregaria* que está más restringida al estrato norte en otoño-invierno y *E. gibboides* con afinidad más oceánica (Lavaniegos et al., 2010). En este estrato y el estrato norte, por estar influenciados todo el año por agua subártica, la comunidad larval está constituida por especies de agua fría. En toda el área de estudio se refleja un patrón estacional, donde especies de peces de agua fría y templada son más abundantes en primavera e invierno, con codominancia entre especies mesopelágicas (*V. lucetia* y *D. laternatus*) y pelágico-costeras (*Engraulis mordax*, *Sardinops sagax* y *Scomber japonicus*). Para verano y otoño hay codominancia de especies mesopelágicas, pelágico-costeras y demersales (*Synodus lucioceps*), especies de aguas tropicales y subtropicales (Jiménez-Rosenberg et al., 2010). Estos peces son presas del delfín común y el tursiÓN (Pusineri et al., 2007; Wells y Scott, 2009).

2.1.3 Estrato Centro-Sur (Punta Eugenia – Bahía Magdalena)

Este estrato es reconocido como una zona de transición entre la provincia de San Diego y la provincia de Cortés (Hernández de la Torre et al., 2015). Los valores mínimos de temperatura cercanos a la costa se presentan en primavera y verano al sur de Punta Eugenia. A profundidades entre 70 – 100 m, la zona de surgencia costera (al sur de Punta Eugenia) presenta valores de temperatura de 16°C y 33.8 de salinidad (Durazo et al., 2010), presentando la mayor concentración media de clorofila-*a* ($\sim 2 \text{ mg m}^{-3}$) en primavera; frente a Punta Abreojos ($>2.5 \text{ mg m}^{-3}$) en verano y al sur del Golfo de Ulloa ($>2 \text{ mg m}^{-3}$) en otoño. Los valores más altos de producción primaria integrada se presentan en las zonas cercanas a la costa frente a Punta Abreojos dentro del Golfo de Ulloa ($>150 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) (Gaxiola-Castro et al., 2010).

Al sur de Punta Eugenia, durante primavera el flujo de la Corriente de California es más intenso, por lo que la actividad de mesoescala (surgencias costeras, remolinos, frentes y giros) no existe; sin embargo, el resto del año esta región cumple con características típicas de aguas tropicales y subtropicales (Durazo et al.,

2010). En invierno y verano por la incursión de agua ecuatorial, los valores de pH son <7.5 , mientras que en primavera los valores son más altos $\text{pH} > 7.7$ por la influencia de las aguas subárticas (Juárez-Colunga et al., 2010). Justamente la posición latitudinal de estas masas de agua determina los cambios en la distribución de organismos, que se refleja en la composición de las comunidades pelágicas, además de los eventos de escala interanual y decadal que influyen en esta región (Durazo et al., 2010).

En este estrato, se presenta la abundancia máxima de las diatomeas ($>5 \mu\text{m}$) al sur de Punta Eugenia, dominando las tallas que pertenecen a las microdiatomeas ($>20 \mu\text{m}$). En esta zona, la presencia de giros y surgencias favorecen el crecimiento de especies de fitoplancton como *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros didymus*, *Rhizosolenia alata*, *Skeletonema costatum* y *Corethron hystrix* (Millán-Núñez, 2010). Con relación al zooplancton, grupos que se alimentan de partículas en suspensión como las salpas, son más abundantes en enero-abril, los doliólidos en julio y los pterópodos en otoño. Depredadores como los quetognatos tienen mayor presencia en otoño-invierno (Lavaniegos et al., 2010). El zooplancton con frecuencia es el recurso alimenticio principal de los peces. En este caso, durante invierno la distribución larval de peces favorece a especies de afinidad templada y transicional, principalmente *E. mordax* y *S. sagax*, peces pelágico-costeros. En primavera, cuando disminuye la influencia de la Corriente de California, beneficia la reproducción de especies de afinidad tropical y subtropical. En verano, cuando la intensidad de la Corriente de California es mínima, dominan las larvas de especies tropicales y subtropicales (Jiménez-Rosenberg et al., 2010), por el incremento de masas de agua ecuatorial (Durazo y Baumgartner, 2002; Durazo et al., 2010).

2.1.4 Estrato Sur (Bahía Magdalena – Cabo San Lucas)

Este estrato pertenece a la provincia de Cortés (Horn et al., 2006), influenciado por masas de agua tropical y subtropical. Este estrato, al igual que el Centro-Norte, tiene baja productividad a lo largo de la costa en comparación con el resto de la península de Baja California (Castro y Martínez, 2010). Esta región se separa dinámicamente y ecológicamente del resto de los estratos. Entre los 30 y 50 m de profundidad, en primavera e invierno, la región tiene aguas medianamente cálidas ($20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$), el resto de las estaciones es una región de aguas cálidas ($>25^{\circ}\text{C}$). La condición media de productividad nueva que presenta en otoño es oligotrófica ($\leq 0.5 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$); el resto de las estaciones presentan condiciones mesotróficas ($5-15 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$) (Hernández de la Torre et al., 2015).

Con respecto a la distribución larval de peces, en comparación a lo que ocurre al norte de la Península de Baja California, en este estrato la intensidad de la Corriente de California es nula, lo que permite la reproducción de varias especies demersales (Jiménez-Rosenberg et al., 2007), presas de mayor preferencia para los tursiones (Wells y Scott, 2009). Además, aumenta la abundancia y representatividad de las larvas de especies de aguas cálidas (Jiménez-Rosenberg et al., 2007).

2.2 Trabajo de campo

Se realizaron 10 campañas aéreas del 2017 al 2021 en la costa occidental de la Península de Baja California. Se utilizó una avioneta Cessna de ala alta para los recorridos, el diseño de los vuelos se dio en transectos lineales en zig-zag desde la costa hasta 30 km mar adentro (Figura 3). Este diseño comprendió un conjunto de líneas distribuidas sistemáticamente. A pesar de ser un buen diseño de muestreo, se estratificó el área de estudio, para no asumir densidades homogéneas, además para maximizar la variabilidad de las estimaciones. La distribución del esfuerzo de muestreo no fue homogénea; de las 10 campañas, dos no cubrieron los cuatro estratos del área de estudio y los meses muestreados difirieron, por lo que el esfuerzo varió por estrato y estación (Anexos A, B y C).

Para el registro de los grupos de delfines, se contó con dos observadores experimentados, uno a cada lado de la avioneta y un apuntador al frente. Se utilizaron binoculares Fujinon 7x50 para la búsqueda y un clinómetro para estimar el ángulo vertical del avistamiento, y con él, la distancia perpendicular del grupo a la línea del transecto. Los delfines comunes y tursiones se agregan en grupos, por lo que los observadores durante el muestreo dieron de una a tres aproximaciones del tamaño de cada grupo que avistaron, esto para obtener una media de los grupos y poder hacer las estimaciones. También se tomaron fotografías con cámaras digitales Canon con zoom-telefoto 100-400 mm para la confirmación de las especies. En formatos prediseñados se anotaron: fecha, hora, especie y tamaño de grupo, ángulos, localización geográfica y altura de la avioneta (con ayuda de un GPS con barómetro), y condiciones del mar (estado de Beaufort: estado del viento según su intensidad, visibilidad, deslumbramiento: reflejo del sol). También con el GPS, se grabó todo el recorrido de la avioneta (esfuerzo de muestreo) para la obtención del kilometraje total, transectos y la tasa de encuentro (número de animales observados por 100 km recorridos).

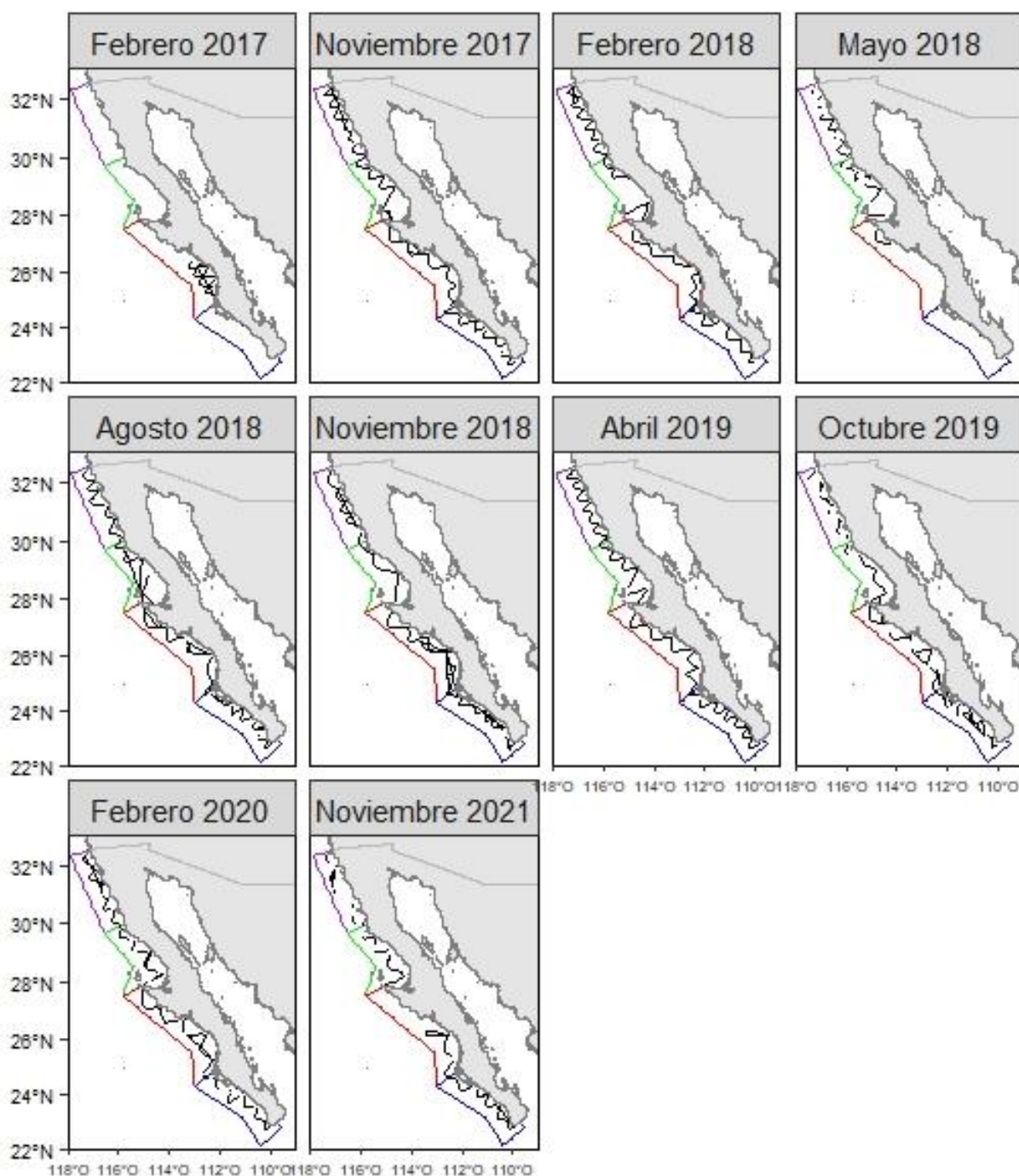


Figura 3. Diseño de los muestreos aéreos en el área de estudio para la búsqueda y localización de odontocetos del 2017 al 2021.

2.3 Análisis de datos

Los registros obtenidos en campo se capturaron en una base de datos en Excel, y por su naturaleza, se aplicó el método de muestreo de distancias por transectos lineales, que es una de las técnicas más

utilizadas para estimar la abundancia de cetáceos (Buckland et al., 2001). Para su análisis se utilizó la plataforma R y el paquete Distance (Thomas et al., 2010).

2.3.1 Transectos

Para procesar los datos, se trabajó inicialmente con bases separadas, una con información de los avistamientos y otra con la información del esfuerzo de muestreo. Esto para generar transectos de longitudes homogéneas y poderlos asignar a su avistamiento correspondiente para cumplir con la jerarquización base para la estimación de las abundancias.

Cada 15 segundos, el GPS registró las coordenadas de todo el recorrido de la avioneta, junto a la altura, la fecha y la hora. Se aseguró que la información de las coordenadas (longitud y latitud) se dieran por separado y en grados decimales, la altura en metros, la fecha se manejó como año, mes y día por columnas separadas y la hora con un formato de horas y minutos. El esfuerzo fue interrumpido por condiciones del mar adversas para la observación (escala Beaufort > 3) y al acercarse a los grupos avistados en busca de identificar la especie. La información de los cortes de esfuerzo (esfuerzo interrumpido por condiciones que impedían la observación) fue tomada de la base de los avistamientos, al igual que la información de las condiciones del mar (Beaufort, visibilidad y deslumbramiento), o cuando éstas cambiaban.

A partir de las coordenadas originales de esfuerzo continuo entre cortes, se produjeron transectos consecutivos de longitudes similares, entre 15-20 km (Anexo C). Luego, se procedió a empatar espacial y temporalmente la información de la base final de transectos a cada uno de los avistamientos registrados, esto se hizo a partir de la distancia más corta al punto medio de los transectos en cada día de muestreo. Los transectos que no tuvieron avistamientos se añadieron al final de esta base de datos final. Se filtraron las alturas de la plataforma en un intervalo de datos de 200 – 500 m, alturas donde se llevó a cabo el esfuerzo de muestreo. Además, el tamaño de grupo y los datos de las condiciones ambientales (Beaufort, visibilidad y deslumbramiento) se transformaron a su logaritmo.

2.3.2 Estratificación del área de estudio

Mediante Google Earth, se definieron los cuatro estratos del área de estudio (Sección 2.1) y se guardaron como polígonos, a los cuales se les calculó el área marina, excluyendo las islas (función *areaPolygon* de la

paquetería *geosphere*). En R se leyeron dichos archivos y se procedió a asignarle el estrato correspondiente a cada avistamiento y transecto.

2.3.3 Muestreo de distancias en transecto lineal

Para el muestreo de distancias, durante cada avistamiento, se midió el ángulo entre el horizonte y el grupo de animales (θ), para calcular la distancia perpendicular (r) entre el grupo y el transecto, teniendo en cuenta la altura de la plataforma (h) (Ecuación 1).

$$r = \frac{h}{\tan \theta} \quad (1)$$

2.3.3.1 Truncado, función de probabilidad de detección y selección del modelo

Se procedió a un truncado a la izquierda (Buckland et al., 2001), para reconocer que, a dicha distancia truncada, la detectabilidad es cero. Se consideró la mediana de las distancias perpendiculares como la distancia de truncado, ya que el decremento de detecciones a distancias inferiores a ésta se debería al efecto del punto ciego bajo la aeronave. Luego, se escalonaron las demás distancias, restándoles la mediana, de manera que se cumpla la premisa que la máxima probabilidad de detección se encuentre sobre la línea de transecto.

También se definió un truncamiento a la derecha (Buckland et al., 2001), donde se descartaron aquellas distancias perpendiculares atípicamente lejanas, con el fin de facilitar el ajuste de las posibles funciones de detección. La distancia más externa de la distribución de las distancias fue el valor que se consideró como truncamiento a la derecha. Esto se hizo para cada especie, ya que la distancia máxima desde el transecto a la que detecta a los animales es propia de cada especie.

Una vez obtenida la distancia perpendicular y definidas las distancias de truncamiento, se continuó con el cálculo de la función de detección $g(x)$, que describe la probabilidad de detectar la especie como función de la distancia perpendicular entre el transecto y el grupo de animales (Ecuación 2) (Buckland et al., 2001; Buckland et al., 2015). Para este trabajo se asumió que $g(0) = 1$, indicando que a la distancia 0 se detectarán a todos los animales a lo largo de la línea de transecto. Sin embargo, los delfines solo salen a la superficie para respirar y la mayor parte del tiempo están sumergidos, por lo que esta suposición no se cumple.

$$\widehat{Pa} = \frac{\int_0^w \widehat{g}(x) dx}{w} \quad (2)$$

Para estimar la probabilidad de detección, se ajustaron varios modelos usando diversas funciones para encontrar el mejor. Cabe mencionar que, para mejorar la función de detección, se tomaron en cuenta los avistamientos que se realizaron en otras áreas, específicamente en el Golfo de California, esto porque siguieron la misma metodología de muestreo que se aplicó en este estudio. Dentro de los componentes del estimador de la abundancia existen algunas constantes, infiriendo que no hay incertidumbre dentro de dichos componentes, por lo que se buscó mejorar la verdadera distribución de la detección. Sin embargo, dichos avistamientos no se tomaron en cuenta para las estimaciones, únicamente se incluyeron los que se obtuvieron dentro del área de estudio.

El primer paso para construir un modelo para $g(x)$ es elegir la función clave para determinar la forma básica del modelo (Buckland et al., 2001; Thomas et al., 2010). Se probaron modelos con funciones uniforme, media normal y Hazard-Rate (Ecuaciones 3, 4 y 5 respectivamente):

$$g(x) = 1 \quad (3)$$

$$g(x) = \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

$$g(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^{-\beta}\right] \quad (5)$$

La función clave uniforme (3), no cuenta con parámetros a estimar y no se considera un modelo flexible, asume que $g(x)$ es igual a cualquier distancia. La función clave de la media normal (4) tiene la sigma (σ) como parámetro a estimar, por lo que es un modelo flexible. La función clave de tasa de riesgo (5), cuenta con dos parámetros a estimar (σ , β) y es un modelo más flexible. Para las tres funciones clave el valor $x \leq w$, donde x es la distancia perpendicular y w la distancia de truncado a la derecha (Buckland et al., 2001; Buckland et al., 2015).

De los modelos probados, se seleccionó el mejor teniendo en cuenta el valor mínimo del Criterio de Información Akaike (AIC). Este criterio dice qué tan bien se han aproximado los datos, es decir, qué tan pequeño se ha hecho el sesgo, pero la cantidad en la que se ha reducido el sesgo está moderada por el hecho de que no debe usar demasiados parámetros. Este criterio trata de eliminar el sesgo cuidando la precisión (Buckland et al., 2001).

Para mejorar el ajuste, también se probaron dos términos de ajuste (también llamado ajuste en serie) a la función clave: coseno y polinomial (Thomas et al., 2010). También se consideró la utilización de covariables que afectan la detectabilidad de los animales: Beaufort, visibilidad, deslumbramiento y tamaño de grupo.

En primer lugar, se consideró la bondad de ajuste y en segundo, las medidas relativas de ajuste. Para la bondad de ajuste en el paquete Distance están disponibles las pruebas de Kolmogórov-Smirnov (se usa para evaluar la magnitud de la mayor diferencia, la mayor desviación de la línea de 45°), Chi-cuadrado (que refleja la concordancia entre los valores observados y esperados) y la prueba de Cramer-von Mises (Martínez-Cambor et al., 2012) con su gráfico Q-Q (que manifiesta la relación entre la distribución de los valores empíricos y teóricos) (Thomas et al., 2010); este último fue el que se aplicó.

En cuanto a las medidas relativas de ajuste, se estimó la varianza, la diferencia cuadrática promedio de la media; error estándar, la raíz cuadrada de la varianza del estimador; coeficiente de variación, el error estándar dividido por la media e intervalos de confianza, que es el rango de valores plausibles que se calculan basados en la varianza. Las medidas utilizadas fueron el coeficiente de variación (CV), error estándar y los intervalos de confianza al 95% (IC 95%); una vez seleccionado el modelo correcto, se procedió con el análisis de la densidad, así como de la abundancia global, por estrato, por estación del año y por tiempo.

2.3.3.2 Estimación de la Abundancia

Con la información recopilada del kilometraje total, se calculó la tasa de encuentro como un primer indicador de la abundancia de especies, que es el número de individuos observados por cada 100 km de esfuerzo recorridos, desde noviembre 2017 hasta diciembre 2021.

El parámetro fundamental para la estimación de la abundancia es la densidad poblacional (número de animales por unidad de área). En la teoría del muestreo de distancias en transecto lineal, se consideró la Ecuación (6) para la estimación de las densidades y la Ecuación (7) para la estimación de las abundancias:

$$\hat{D} = \frac{n S}{2 \hat{\mu} L} \quad (6)$$

$$N = D * A \quad (7)$$

Donde:

\hat{D} = densidad estimada; A = área total de estudio; n = número total de grupos o avistamientos; S = tamaño de grupo promedio; $\hat{\mu}$ = ancho de banda efectivo; y L = esfuerzo total. El esfuerzo total es la sumatoria de k líneas de longitudes $(l_1, l_2, l_3, \dots, l_k)$, cada una con un ancho de banda $2w$ (w como la distancia a cada lado de la línea de transecto), $(\sum_1^k l_k = L)$. El número total de grupos o avistamientos (n), es la sumatoria de los avistamientos en k líneas $(\sum_1^k n_1 = n)$. Una parte de los avistamientos en el área pueden no ser detectados por los observadores, por lo que se considera un parámetro de detectabilidad, el cual disminuye al aumentar la distancia desde la línea del transecto. En este sentido el ancho de banda efectivo ($\hat{\mu}$) que es menor a w , será la distancia desde la cual se detectan a todos los avistamientos (de tal modo que detecta a los avistamientos más allá de $\hat{\mu}$ como los que se pierden dentro de $\hat{\mu}$). Por lo tanto, para calcular $\hat{\mu}$, se multiplicó la proporción de detección (estimado por el paquete Distance) por el ancho de banda w , ($\hat{\mu} = Pa * w$) (Buckland et al., 2001).

Para la estimación por estratos y por estación del año, se tomaron en cuenta las áreas de cada estrato, utilizando la misma unidad de jerarquización (estrato-muestreo). En el caso particular de la estación del año, se agregó una columna donde se asignó a cada transecto su correspondiente estación. En estos primeros dos casos se promediaron las estimaciones para cada estrato. En la estimación de la abundancia global, se consideró el área total de estudio, conservando la función de detección estimada en la jerarquización inicial. Esto se logró mediante una post estratificación (Buckland et al., 2001), donde la unidad de jerarquización fue por muestreo; es este caso, las abundancias se obtuvieron por los promedios de las estimaciones. Esta misma unidad se utilizó para las series de tiempo.

Capítulo 3. Resultados

3.1 Avistamientos, tamaño de grupo y tasa de encuentro

Se registraron 324 avistamientos de 6 especies en el periodo de estudio, incluidos los delfines no identificados (Tabla 1). El tursi3n fue la especie m3s registrada (118 avistamientos), seguida del delf3n com3n (116) y delfines no identificados (86). El delf3n com3n tuvo m3s avistamientos en el estrato norte, aunque el tama3o promedio de grupo m3s grande se dio en el estrato centro-sur. El tursi3n tuvo un menor registro de avistamientos en el estrato centro-norte, mismo donde present3 el menor tama3o grupal promedio. Para los delfines no identificados, se registraron m3s avistamientos en el estrato norte, aunque el tama3o de grupo promedio m3s grande se dio en el estrato contiguo (centro-norte). El delf3n com3n present3 la mayor tasa de encuentro, seguida de los delfines no identificados y el tursi3n (Tabla 2).

Tabla 1. Avistamientos por estrato y tama3o promedio de grupo de cada especie. Estratos: N (Norte), C-N (Centro-Norte), C-S (Centro-Sur), S (Sur).

Especie	N3mero de avistamientos					Tama3o promedio de grupo			
	Estratos					Estratos			
	N	C-N	C-S	S	Total	N	C-N	C-S	S
<i>Delphinus delphis</i>	52	15	25	24	116	304.5±48.9	294.6±124.8	770.4±215.9	306.1±75
<i>Tursiops truncatus</i>	25	12	44	37	118	9.2±1.9	6.5±1.5	14.9±3.1	24.7±7.6
Delfines no identificados	31	12	23	20	86	149.8±48	335.6±168.1	298.7±95.7	47.5±16.8
<i>Physeter macrocephalus</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	1
<i>Grampus griseus</i>	1	0	0	1	2	30±10	0	0	90±10
<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>	0	0	1	0	1	0	0	80±20	0
Total	109	39	93	83	324				

Tabla 2. Tasa de encuentro (número de individuos observados por 100 km de esfuerzo) por especie por año de muestreo y media de todos los años.

Especie	2017	2018	2019	2020	2021	Media
<i>Delphinus delphis</i>	129.93	168.07	432.74	145.11	16.96	205.78
<i>Tursiops truncatus</i>	21.26	4.03	12.96	0.20	5.33	8.35
Delfín no identificado	17.93	67.35	56.16	28.18	311.86	75.55
<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>		0.83				0.35
<i>Grampus griseus</i>		1.25				0.53
<i>Physeter macrocephalus</i>		0.01				0.004

3.1.1 Distribución de los registros por especie

Las especies dominantes fueron el delfín común, el tursión y delfines no identificados, quienes estuvieron presentes en todos los años de estudio (Figuras 4, 5 y 6); y como especies poco frecuentes (con menos de dos avistamientos), se registraron el delfín de costados blancos del Pacífico (un registro en el estrato centro-sur durante invierno), el delfín de Risso (un registro en el estrato sur durante otoño y otro en el estrato norte durante invierno) y el cachalote (un registro en el estrato sur durante verano).

3.1.1.1 Delfín común

Esta especie de delfín se avistó en los cuatro estratos, el estrato norte fue el que tuvo más avistamientos (50), seguido del estrato centro-sur (24), estrato sur (22) y centro-norte (15). Sin embargo, en la zona sur del estrato centro-norte, no se tuvo ninguna observación, caso similar para el estrato centro-sur, donde no se tuvo registro en la zona norte del estrato, al igual de la zona norte del Golfo de Ulloa (Figura 4).

Estacionalmente, otoño presentó más registros (49), seguido de primavera (32), invierno (31) y verano (4). Durante esta estación del año (otoño), el estrato con más observaciones fue el norte (27), seguido del estrato centro-sur (12), centro-norte (6) y sur (4). En primavera, el estrato con más avistamientos fue el norte (12), el estrato centro-sur tuvo 8 y los estratos centro-norte y sur registraron 6. En invierno, los estratos norte y sur fueron los que tuvieron más observaciones (13), seguidos del estrato centro-norte (3)

y centro-sur (2). En verano se tuvo registro de tres avistamientos en el estrato centro-sur y uno en el estrato sur (Figura 4).

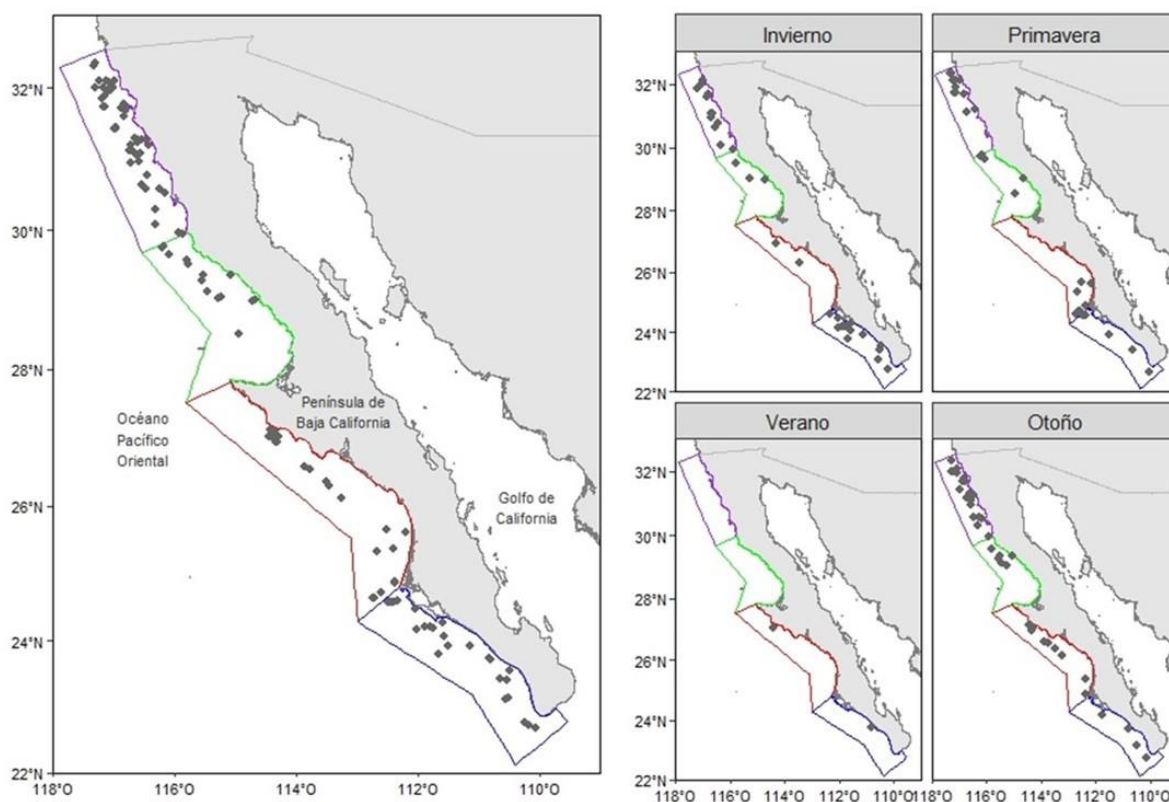


Figura 4. Avistamientos registrados del delfín común por temporada en todos los años de estudio.

3.1.1.2 Tursi3n

El estrato centro-sur fue donde se presentó el mayor número de avistamientos de tursi3n (44), seguido del estrato sur (35), el estrato norte (24) y finalmente el estrato centro-norte (12) (Figura 5). En el estrato sur, los registros se concentraron más en la zona más sureña; para el estrato centro-sur, se presentaron más en la zona frente al Golfo de Ulloa y un poco más al norte de éste. Las observaciones se dieron más en la zona cercana a la costa en el estrato norte, en comparación con el estrato centro-norte.

Estacionalmente, el tursi3n tuvo más avistamientos en otoño (73), seguido de invierno (27), verano (12) y primavera (6). Para otoño en el estrato sur se registró el mayor número de observaciones (29), el estrato norte tuvo 20, el estrato centro-sur 13 y en el centro-norte hubo 11. En invierno, el estrato con más observaciones fue el centro-sur, el estrato norte tuvo 4, en el estrato sur hubo un registro y no se tuvo ninguna detección en el estrato centro-norte. Durante verano, en el estrato centro-sur hubo 9 distinciones,

el resto de los estratos solo presentó una observación. En primavera, la especie únicamente se presentó en el estrato sur con 6 avistamientos (Figura 5).

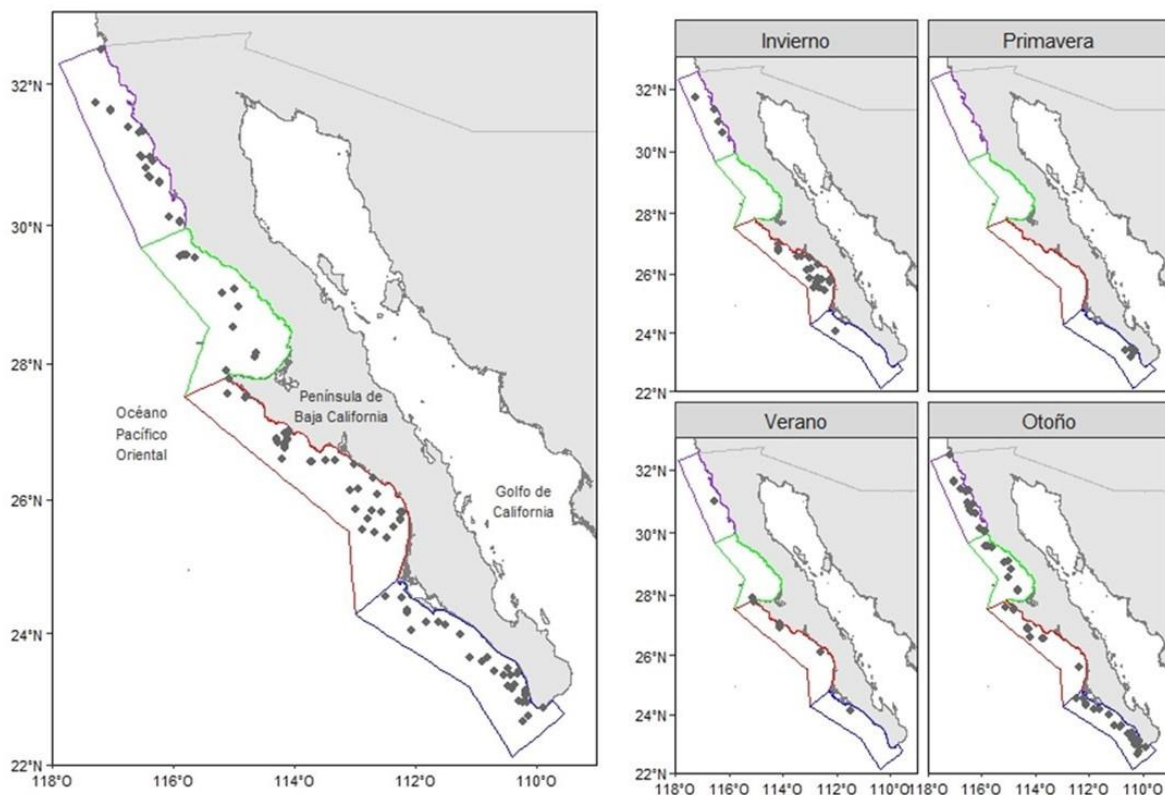


Figura 5. Avistamientos registrados del tursi3n por temporada en todos los a3os de estudio.

3.1.1.3 Delfines no identificados

En el estrato norte se tuvo mayor presencia de delfines no identificados (25), entre el estrato centro-sur y sur, no se marc3 alguna diferencia (ambas con 18 observaciones), el estrato centro-norte fue el menos concurrido (9) (Figura 6). El estrato centro-norte, adem3s de ser el que present3 menos avistamientos, 3stos se dieron en zonas m3s lejanas a la costa, en comparaci3n con lo que se registr3 para el resto de los estratos.

Oto3o fue la estaci3n del a3o m3s frecuentada (52), seguida de verano (17), invierno (13) y primavera (4). A lo largo de oto3o, el estrato norte fue el que tuvo m3s avistamientos (24) y el que tuvo menos registros fue el estrato centro-norte (5), observaciones similares hubo en el estrato sur y centro-sur (12 y 11, respectivamente). Durante verano, con 10 detecciones el estrato centro-sur fue el m3s concurrido, seguido del estrato sur (4) y el centro-norte (3). Para invierno, nuevamente el estrato norte fue el que tuvo

más observaciones (5), le siguieron los estratos centro-norte y sur con 3 avistamientos y el estrato centro-sur con 2. En primavera se tuvo dos registros en el estrato norte, un registro en los estratos centro-norte y sur (Figura 6).

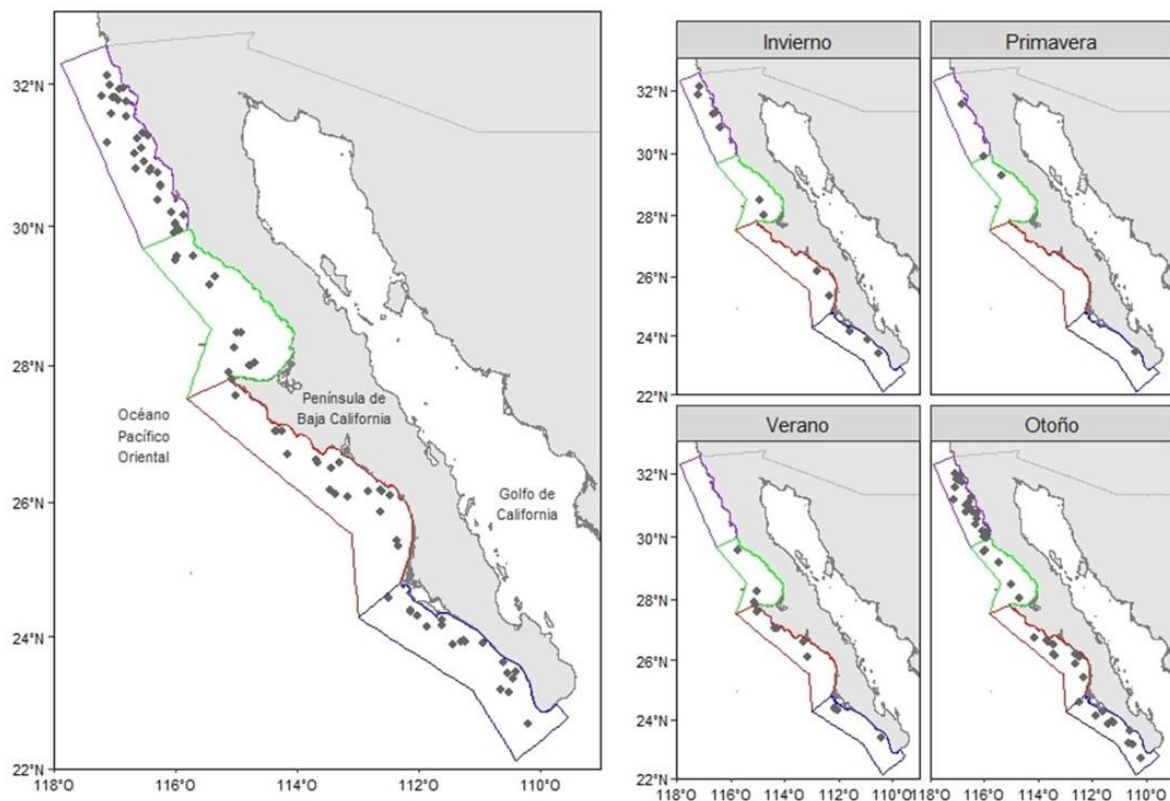


Figura 6. Avistamientos registrados de delfines no identificados por temporada en todos los años de estudio.

3.2 Estimaciones de abundancia

3.2.1 Distancias perpendiculares y truncado

Se consideró una distancia de truncado a la izquierda de 0.18 km. De los 116 avistamientos, se consideraron 101 para las estimaciones del delfín común. Se determinó un truncado a la derecha de 9 km (Figura 7), descartando una distancia perpendicular atípica (de 17.89 km). Por lo tanto, la distancia mínima fue de 0.0190 km y la máxima de 8.2519 km. Los tamaños grupales observados variaron entre 1 a 3,500 individuos, con una media de 392.9 ± 580.61 y una mediana de 150 (Anexo D).

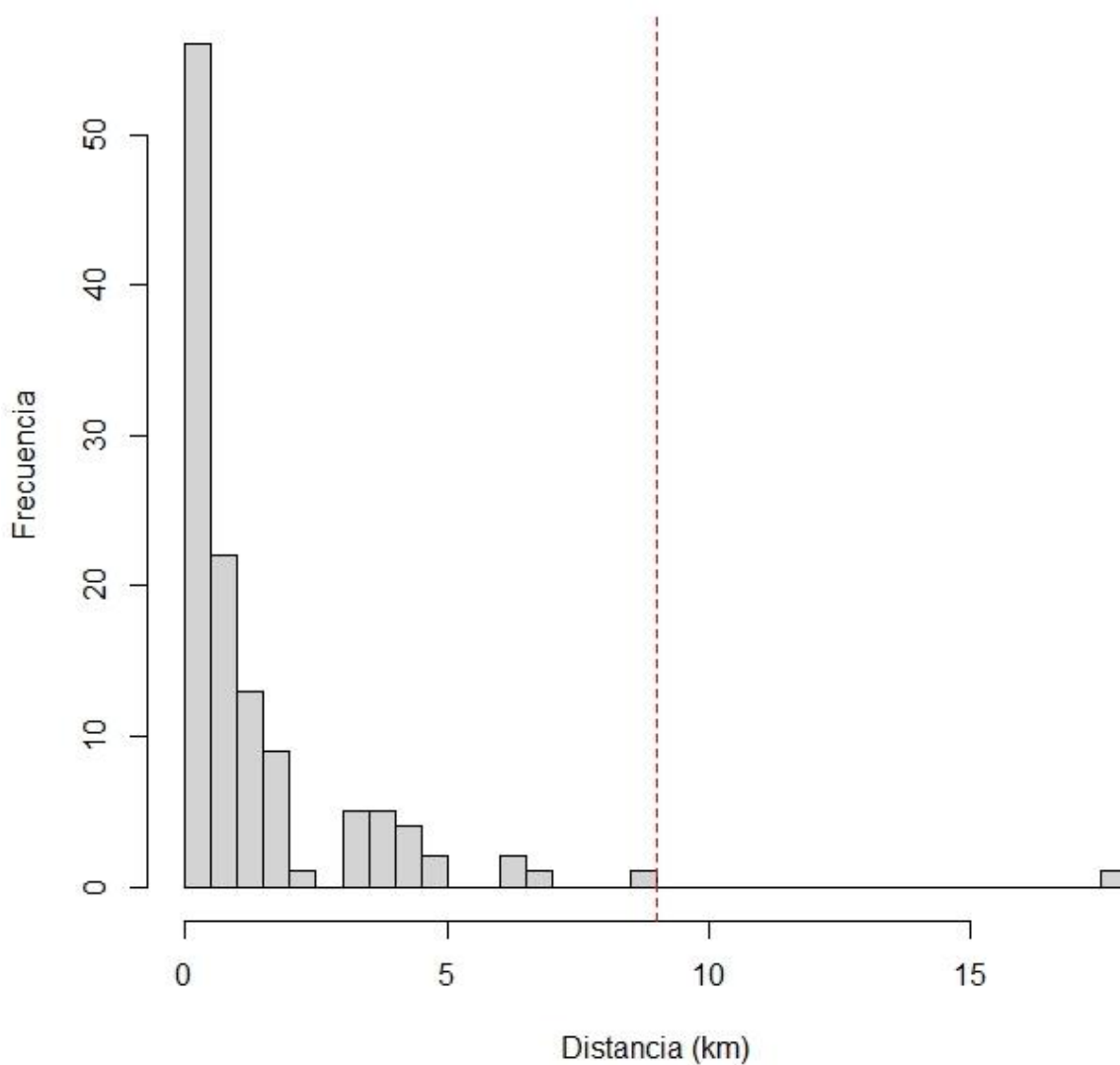


Figura 7. Distribución de las distancias perpendiculares a las que se detectó el delfín común. La línea roja punteada señala la distancia a la que se truncó a la derecha.

Se analizaron 114 avistamientos de tursiones después del filtrado de alturas y truncamiento a la izquierda. El truncado a la derecha que se asignó a esta especie fue de 3.8 km, por lo que se descartaron dos observaciones con distancias perpendiculares atípicas (8.8835 km y 6.4793 km) (Figura 8). La distancia mínima fue de 0.0129 km y la máxima de 3.7519 km. El tursión presentó un tamaño de grupo menor que el delfín común, entre 1 y 250 individuos, con una media de 18.42 ± 29.50 y mediana de 7 (Anexo E).

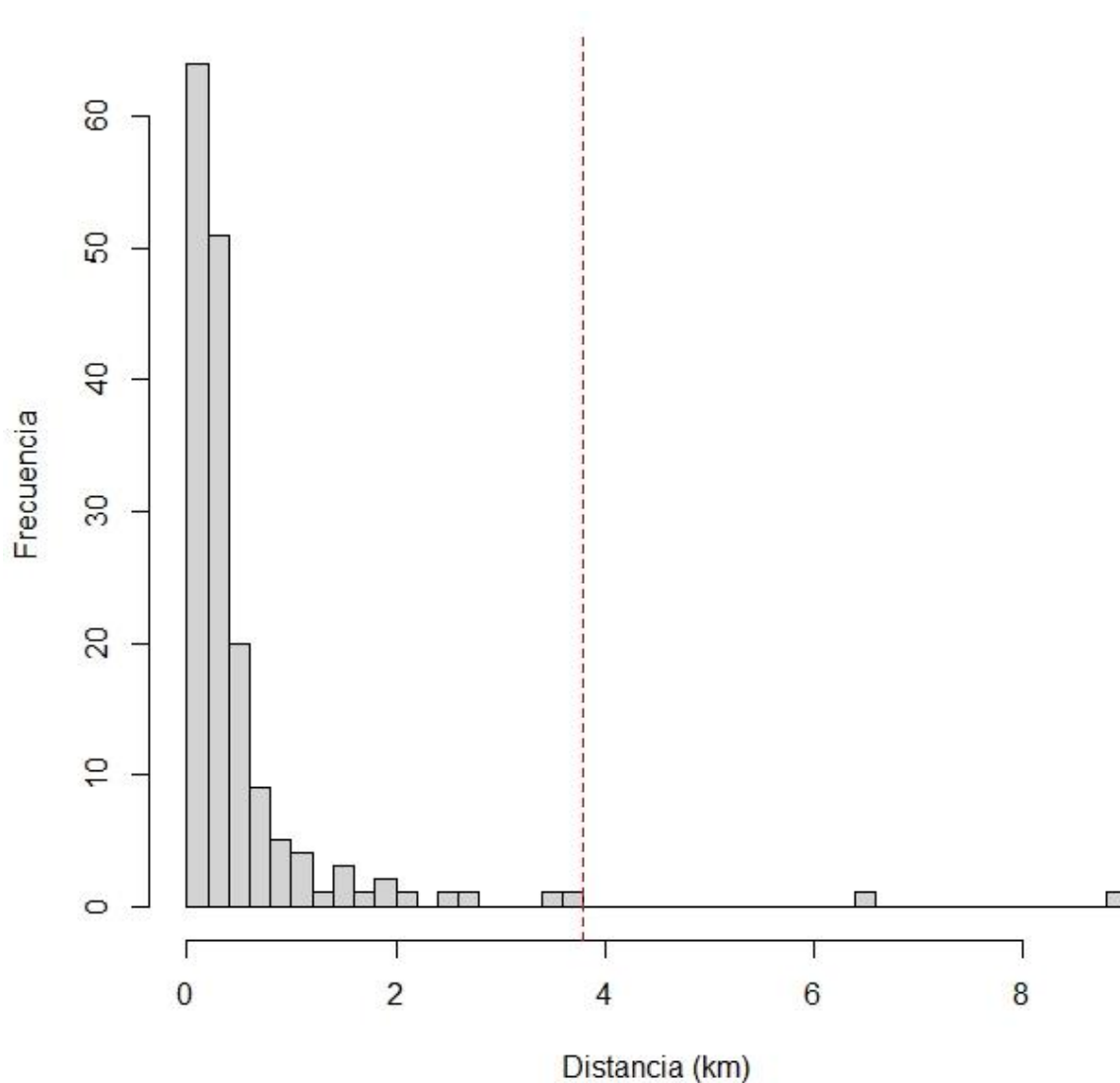


Figura 8. Distribución de las distancias perpendiculares a las que se detectó el tursión. La línea roja punteada señala la distancia a la que se truncó a la derecha.

3.2.2 Función de detección y selección del modelo

Las covariables utilizadas para ajustar el modelo para ambos grupos de delfines, fueron: Beaufort, visibilidad, deslumbramiento y tamaño de grupo. En el caso del delfín común, el tamaño de los grupos por debajo de los 2 km de distancia fue pequeño, a distancias más lejanas (≥ 2.5 km), el tamaño grupal varió, aunque tendían a ser más grandes. Para el resto de las covariables (Beaufort, visibilidad, deslumbramiento), no existió alguna tendencia, tanto a distancias cercanas como lejanas a la línea de transecto los valores variaron (Anexo D).

El mejor modelo que se ajustó a los datos del delfín común fue con la función clave Hazard-Rate sin ajuste, el cual tomó como covariables: tamaño de grupo y visibilidad, con AIC = 250.494; la prueba Cramer-von Mises arrojó un valor de 0.04435, con $p = 0.9095$ (Tabla 3). La figura 9 muestra la función de detección trazada que mejor se ajustó a los datos para el delfín común, con una probabilidad de detección de $P_a = 0.1131$ y un ancho de banda efectivo de $\hat{\mu} = 1.01$ km (Tabla 3). Con el gráfico Q-Q (Anexo D) se confirma el ajuste que se obtuvo entre los datos empíricos y los que se ajustaron.

Tabla 3. Diferentes modelos con la función clave Hazard-Rate sin ajuste para cada grupo de delfines, mostrando los 5 modelos con su AIC de menor a mayor mejores ajustados para cada uno, con su respectiva prueba y valor de p. *D. delphis* con un truncado a la derecha de 9, *T. truncatus* de 3.8. El valor AIC marcado en negrita para cada grupo de delfines, fue el modelo seleccionado. P_a =Probabilidad de detección. $\hat{\mu}$ =ancho de banda efectivo (km). Covariables: BFT=Beaufort, D=deslumbramiento, TG=tamaño de grupo, V=visibilidad.

Especie	Covariables	AIC	P_a	$\hat{\mu}$	Prueba Cramer-von Mises	Valor p
<i>Delphinus delphis</i>	log(TG) + log(V)	250.494	0.1131	1.0182	0.04435	0.9095
	log(BFT) + log(TG) + log(V)	251.673			0.06736	0.7678
	log(TG) + log(V) + log(D)	251.872			0.04666	0.8962
	log(BFT) + log(TG) + log(V) + log(D)	252.977			0.05055	0.8729
	log(TG) + log(D)	254.463			0.04941	0.8798
<i>Tursiops truncatus</i>	log(TG)	25.513	0.1253	0.4763	0.2301	0.2158
	log(TG) + log(V)	27.19			0.2324	0.2125
	Sin covariables	27.21			0.2404	0.2011
	log(BFT) + log(TG)	27.238			0.225	0.2238
	log(TG) + log(D)	27.501			0.2348	0.2089

Para el tursión, de las covariables el tamaño de grupo tuvo poca variación a distancias <1 km, similar al caso del delfín común. Para el resto de las covariables, no se mostró mucha variación con respecto a la distancia, excepto en valores cercanos a 0 del estado de Beaufort (Anexo E).

El mejor modelo que se ajustó a los datos del tursi3n fue Hazard-Rate sin ajuste, tomando el tama3o de grupo como covariable. Arroj3 un AIC = 25.513, la prueba tuvo un valor de 0.2301, con $p = 0.2158$ (Tabla 3). La funci3n de detecci3n (Figura 10) arroj3 un valor de probabilidad de detecci3n estimado de $P_a = 0.1253$ y $\hat{\mu} = 0.4763$ km (Tabla 3). El grafico Q-Q que proyect3 la prueba muestra de forma general un buen ajuste, aunque al principio los puntos se separan un poco de la l3nea de 45° (Anexo E).

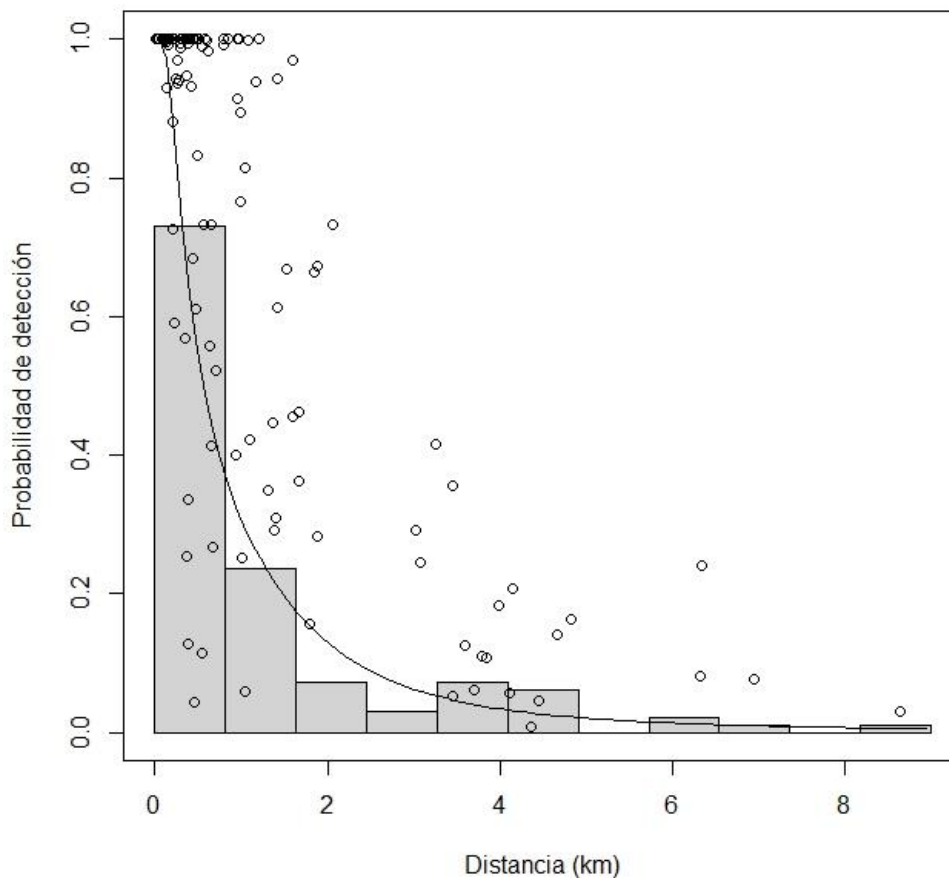


Figura 9. Modelo Hazard-Rate sin ajuste seleccionado para el delfín común. Los puntos indican las observaciones.

3.2.3 Densidades

Al promediar los cuatro estratos, se estimaron densidades poblacionales de 360.86 individuos por 1,000 km² para el delfín común y de 67.44 individuos por 1,000 km² para el tursi3n, destacando que el delfín común está a un orden de magnitud mayor sobre el tursi3n. Con base en la estratificaci3n que se hizo del 3rea de estudio la situaci3n es similar para los cuatro estratos, el delfín común sobresale del resto. En el estrato norte, el delfín común registr3 su mayor densidad, seguida del estrato centro-sur. Para el tursi3n, su mayor densidad se dio en el estrato sur, seguido del estrato centro-sur (Tabla 4).

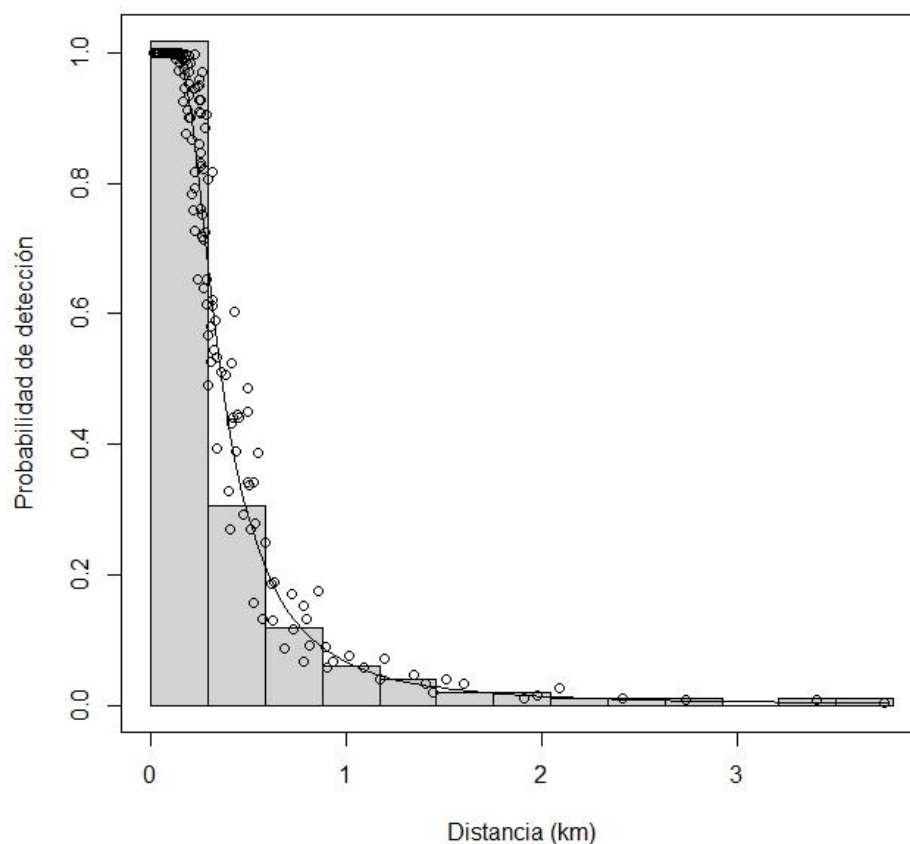


Figura 10. Modelo Hazard-Rate sin ajuste seleccionado para el tursi3n. Los puntos indican las observaciones.

Tabla 4. Densidades por estrato (D (N3mero de individuos por 1,000 km²)) con su coeficiente de variaci3n (CV(D)) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para cada grupo de delfines. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).

Estratos	<i>Delphinus delphis</i>			<i>Tursiops truncatus</i>		
	D	CV(D)	IC 95%	D	CV(D)	IC 95%
N	615.9	0.269	366 – 1,036.2	39.7	0.405	18.4 - 85.6
C-N	188	0.531	68.3 – 517.6	20.7	0.446	8.9 - 48.2
C-S	514.7	0.470	213 – 1,243.7	95.9	0.329	50.9 - 180.5
S	268.6	0.351	136.3 – 529.3	144.3	0.422	64.6 - 322.2

3.2.4 Abundancia del delfín común

Se estimó una abundancia mínima de 8,3901 (CV=1.26) y una máxima de 130,318 (CV=0.54) de individuos en toda el área de estudio, en ocho muestreos. Se logró observar cómo cambió la abundancia de este grupo de delfines, destacando que en agosto del 2018 se estimó la menor abundancia dentro del periodo de estudio; para octubre del 2019, fue la estimación más alta. De forma general, a excepción de la estimación de octubre 2019, las estimaciones de las abundancias estuvieron por debajo de los 100, 000 individuos durante los años en que se llevaron a cabo los muestreos (Figura 11).

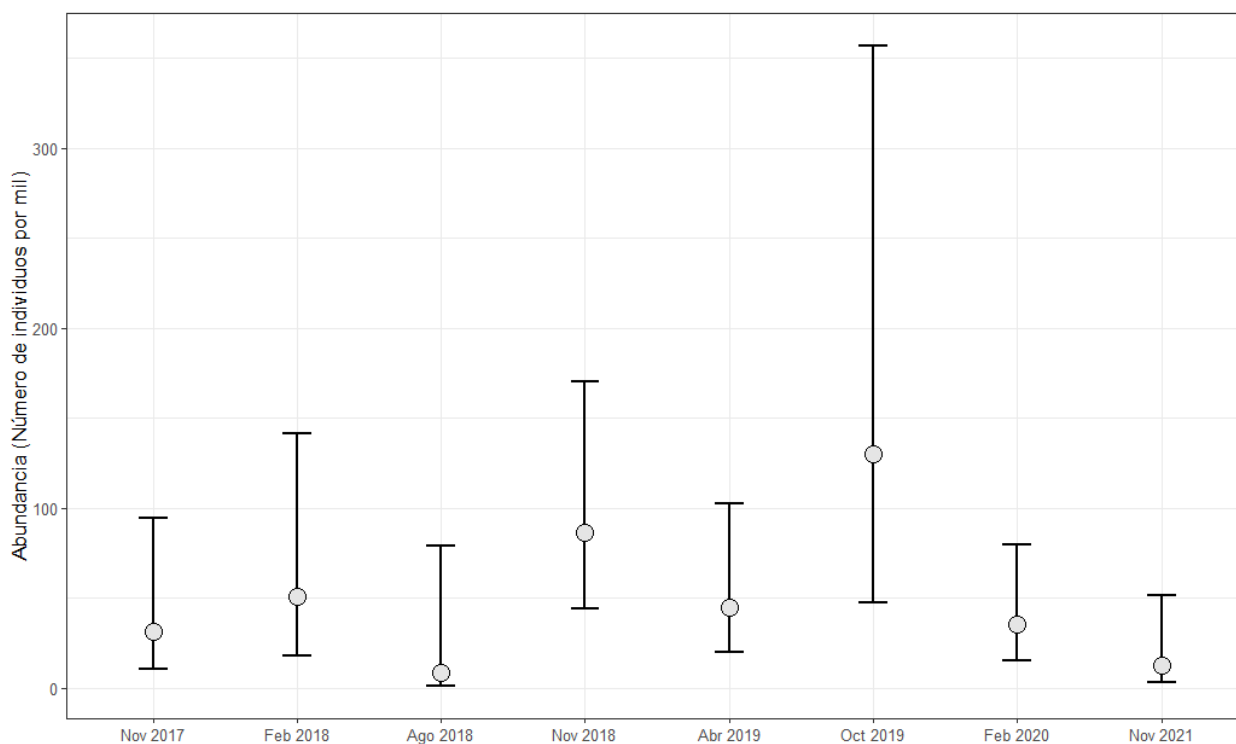


Figura 11. Abundancia del delfín común en cada uno de los muestreos que cubrieron los cuatro estratos del área de estudio. El punto indica la estimación y los bigotes señalan su intervalo de confianza mínimo y máximo.

De acuerdo con el promedio de ocho muestreos que se obtuvo de la estimación de abundancias por estrato, para este grupo de delfines, en el estrato centro-sur fue donde se concentró la mayor abundancia (20,081 individuos, CV=0.469), le siguió el estrato norte (14,496, CV=0.268), estrato sur (8,214, CV=0.351) y el estrato centro-norte (3,847, CV=0.530) (Tabla 5, Figura 12). Este último estrato coincide con el menor número de avistamientos que se tuvo de todos los estratos.

Estacionalmente existieron diferencias en la abundancia de delfines para cada estrato. Se observó que verano fue la estación con las abundancias estimadas más bajas, donde no se tuvo registro de la especie en el estrato norte y centro-norte (Figura 13). Los estratos centro-sur y sur fueron donde se tuvieron registros y este último donde se tuvo la estimación más alta de dicha estación del año (Tabla 6).

Para invierno, los estratos centro-norte y centro-sur fueron los que presentaron las estimaciones más bajas, el estrato norte fue el que sobresalió del resto. Durante primavera el estrato con la menor abundancia fue el centro-norte, en cambio, en esta ocasión el estrato centro-sur fue el que sobresalió de las demás. Otoño fue la estación donde se presentó la mayor abundancia registrada de este grupo de delfines, el cual se dio en el estrato centro-sur, seguida del estrato norte (Tabla 6, Figura 13).

Tabla 5. Abundancia (promedio de ocho muestreos) por estrato (N) con su coeficiente de variación (CV(N)) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para cada grupo de delfines. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).

Estratos	<i>Delphinus delphis</i>			<i>Tursiops truncatus</i>		
	N	CV(N)	IC 95%	N	CV(N)	IC 95%
N	14,496	0.268	8,616 - 24,390	935	0.405	433 - 2,015
C-N	3,847	0.530	1,398 - 10,589	424	0.445	182 - 987
C-S	20,082	0.469	8,311 - 48,525	3,741	0.329	1,988 - 7041
S	8,214	0.351	4,169 - 16,186	4,413	0.422	1,977 - 9,853

En la figura 14 se muestra la abundancia estimada de cada uno de los muestreos realizados para cada estrato, con sus intervalos de confianza. Se puede apreciar que el estrato mejor muestreado fue el centro-sur, pues fue donde se tuvo resultado de las 10 campañas realizadas durante el estudio. Sin embargo, en el estrato sur, en el mes de febrero se obtuvo la mayor abundancia de este grupo de delfines, seguida del muestreo de noviembre en el estrato norte.

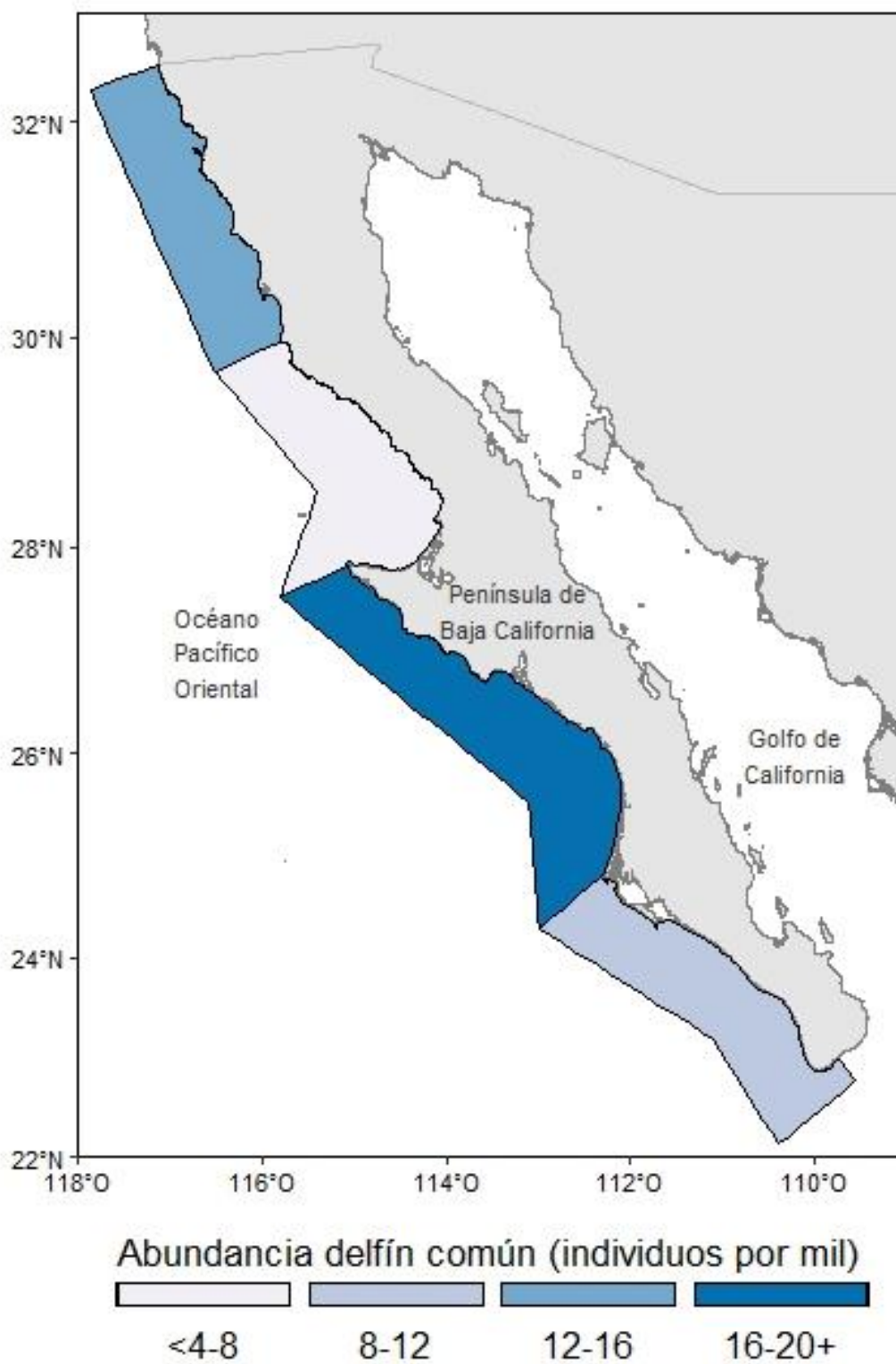


Figura 12. Abundancia del delfín común por estrato en toda el área de estudio.

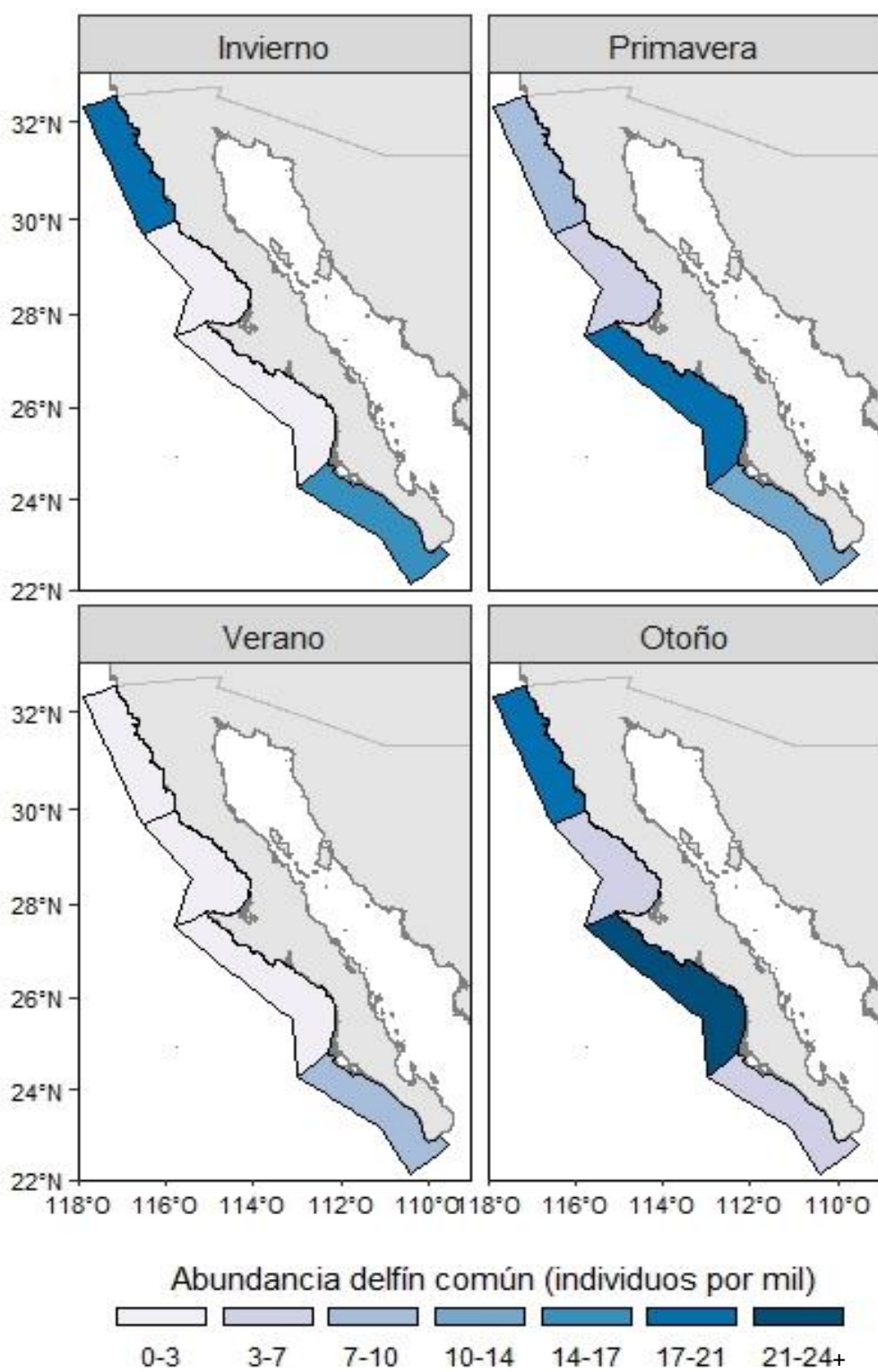


Figura 13. Abundancia por estrato y temporada del delfín común.

Tabla 6. Abundancia por estrato y temporada (N) con su coeficiente de variación (CV(N)) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para cada grupo de delfines. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).

		<i>Delphinus delphis</i>			<i>Tursiops truncatus</i>		
Estratos		N	CV(N)	IC 95%	N	CV(N)	IC 95%
I n v i e r n o	N	20,628	0.496	8,058 - 52,810	695	0.613	216 - 2,235
	C-N	1,754	1.099	142 - 21,708	0.000	0.000	0.000 - 0.000
	C-S	178	0.942	25 - 1,254	6,458	0.400	2,991 - 13,943
	S	14,207	0.498	5,417 - 37,259	107	1.007	20 - 567
P r i m a v e r a	N	9,892	0.592	3,197 - 30,609	0.000	0.000	0.000 - 0.000
	C-N	5,294	0.897	1,018 - 27,527	0.000	0.000	0.000 - 0.000
	C-S	17,722	0.787	4,288 - 73,239	0.000	0.000	0.000 - 0.000
	S	11,518	0.770	2,609 - 50,855	5,536	0.696	1,513 - 20,251
V e r a ñ o	N	0.000	0.000	0.000 - 0.000	451	1.005	82 - 2,466
	C-N	0.000	0.000	0.000 - 0.000	119	0.996	21 - 665
	C-S	964	1.046	169 - 5,509	3,482	0.677	1,008 - 12,035
	S	7,799	1.012	1,411 - 43,118	0.000	0.000	0.000 - 0.000
O t o ñ o	N	17,970	0.335	9,420 - 34,278	1,875	0.488	749 - 4,693
	C-N	4,891	0.729	1,155 - 20,702	991	0.456	417 - 8,151
	C-S	44,566	0.520	16,911 - 117,448	2,785	0.579	2,355 - 3,034
	S	3,610	0.722	915 - 14,239	7,658	0.490	952 - 19,328

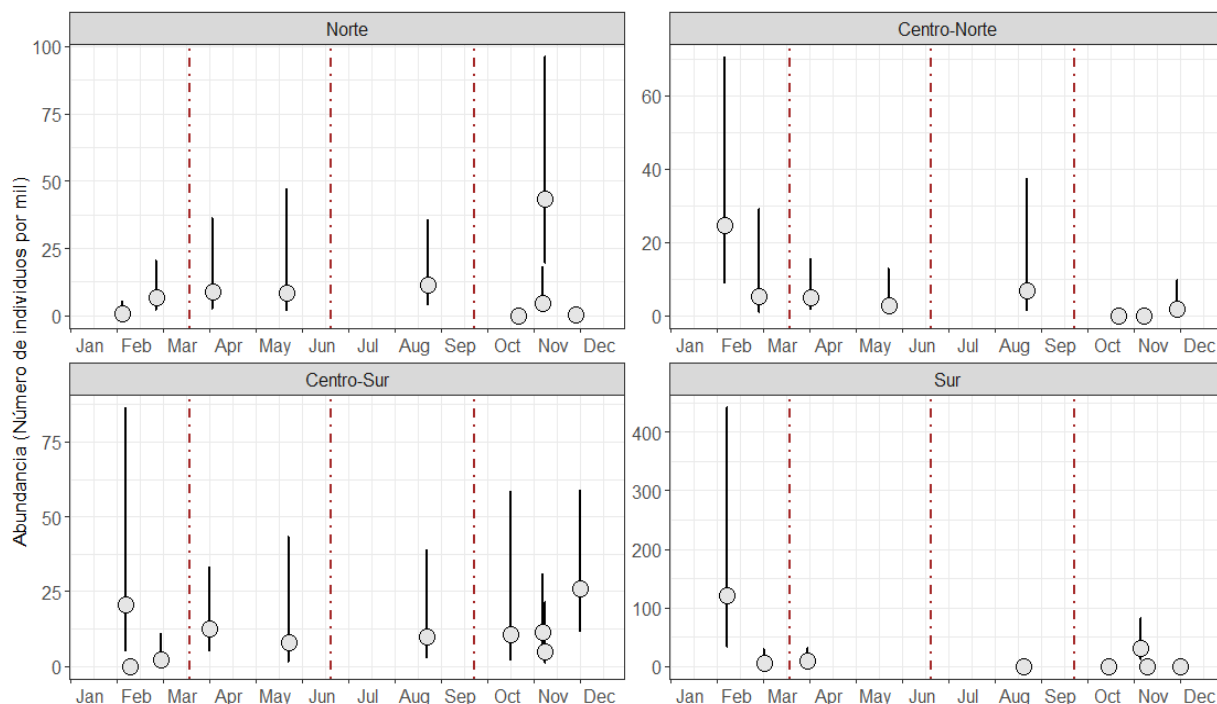


Figura 14. Abundancia por estrato del delfín común de cada muestreo llevado a cabo durante los meses del año. Los bigotes indican los intervalos de confianza (mínimo y máximo) para cada estimación. Cada línea punteada separa las estaciones del año.

3.2.5 Abundancia del tursi3n

La abundancia m3xima registrada en el 3rea de estudio para el tursi3n fue de 23,689 ($CV=0.34$) y una m3nima de 257 ($CV=1.00$, Figura 15). La variabilidad en tiempo que tuvo este grupo de delfines con respecto a su abundancia durante este estudio mostr3 que para octubre del 2019 present3 su mayor abundancia, para el siguiente a3o sus abundancias fueron menores; en 2020 se registr3 la menor abundancia. El 3ltimo a3o de muestreo (2021) la abundancia fue mayor a la registrada en 2020. Como se logra observar, la abundancia del tursi3n se mantuvo por debajo de los 25,000 individuos en la mayor3a de los a3os (Figura 15).

El estrato donde se present3 la mayor abundancia promedio fue el sur (4,413; $CV=0.422$) que de igual manera fue el sitio que tuvo m3s avistamientos de la especie, el estrato centro-sur fue el segundo estrato m3s abundante (3,741; 0.329), seguido del estrato norte (935; 0.405) y centro-norte (424; 0.445) (Tabla 5, Figura 16).

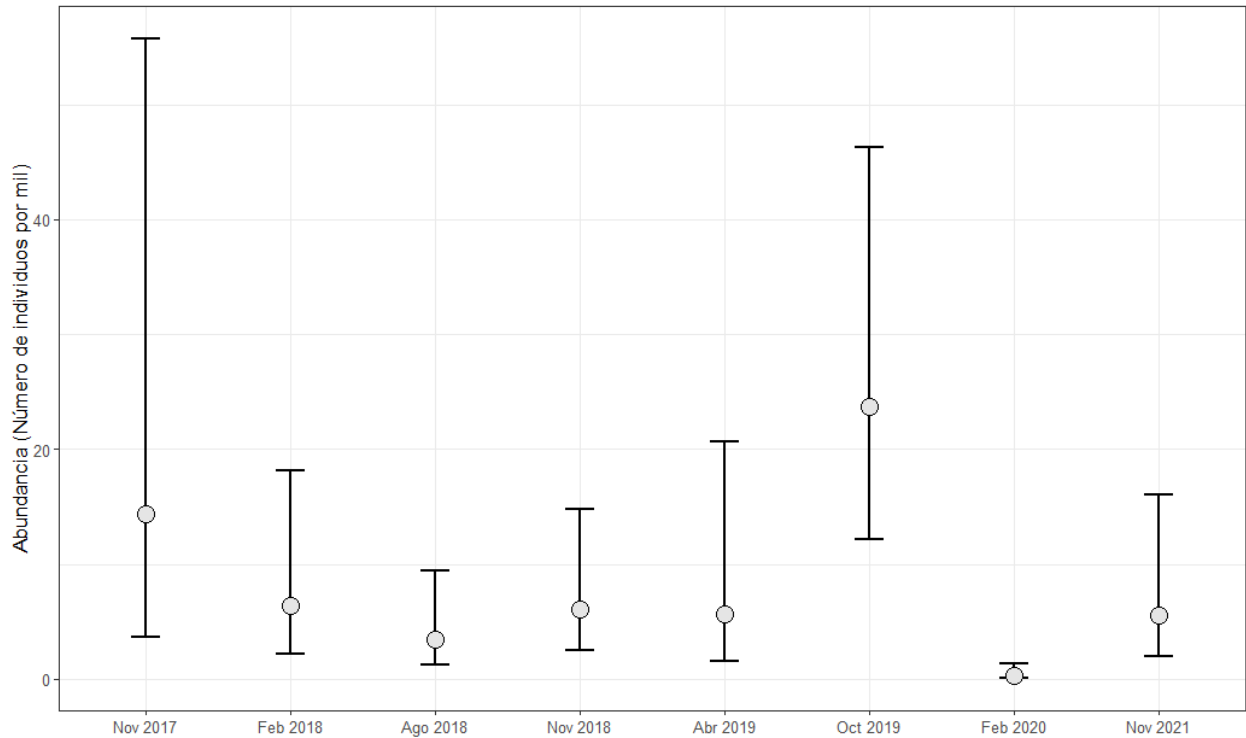


Figura 15. Abundancia del tursi3n por cada uno de los muestreos que cubrieron los cuatro estratos del 3rea de estudio. El punto indica la estimaci3n y los bigotes se3alan su intervalo de confianza m3nimo y m3ximo.

Primavera fue la estaci3n donde se presentaron las menores abundancias; a excepci3n del estrato sur, el resto tuvo abundancias 0. Para invierno y verano se presentaron abundancias de 0 para el estrato centro-norte y sur respectivamente; para ambas estaciones el estrato que present3 sus mayores abundancias fue el centro-sur. En oto3o se manifestaron las estimaciones m3s altas, siendo el estrato sur el que present3 la mayor abundancia, seguido del estrato centro-sur, norte y centro-norte (Tabla 6, Figura 17).

Las estimaciones de abundancia que la especie present3 en comparaci3n con las estimaciones del delf3n com3n son al menos de un orden de magnitud m3s bajas. La mayor3a de las estimaciones se centran por debajo de los 10,000 individuos. Solo en el estrato norte a principios de febrero, la estimaci3n est3 por arriba de los 10,000 individuos; caso similar durante abril en el estrato centro-sur; y muy de cerca durante febrero en el estrato sur (Figura 18).

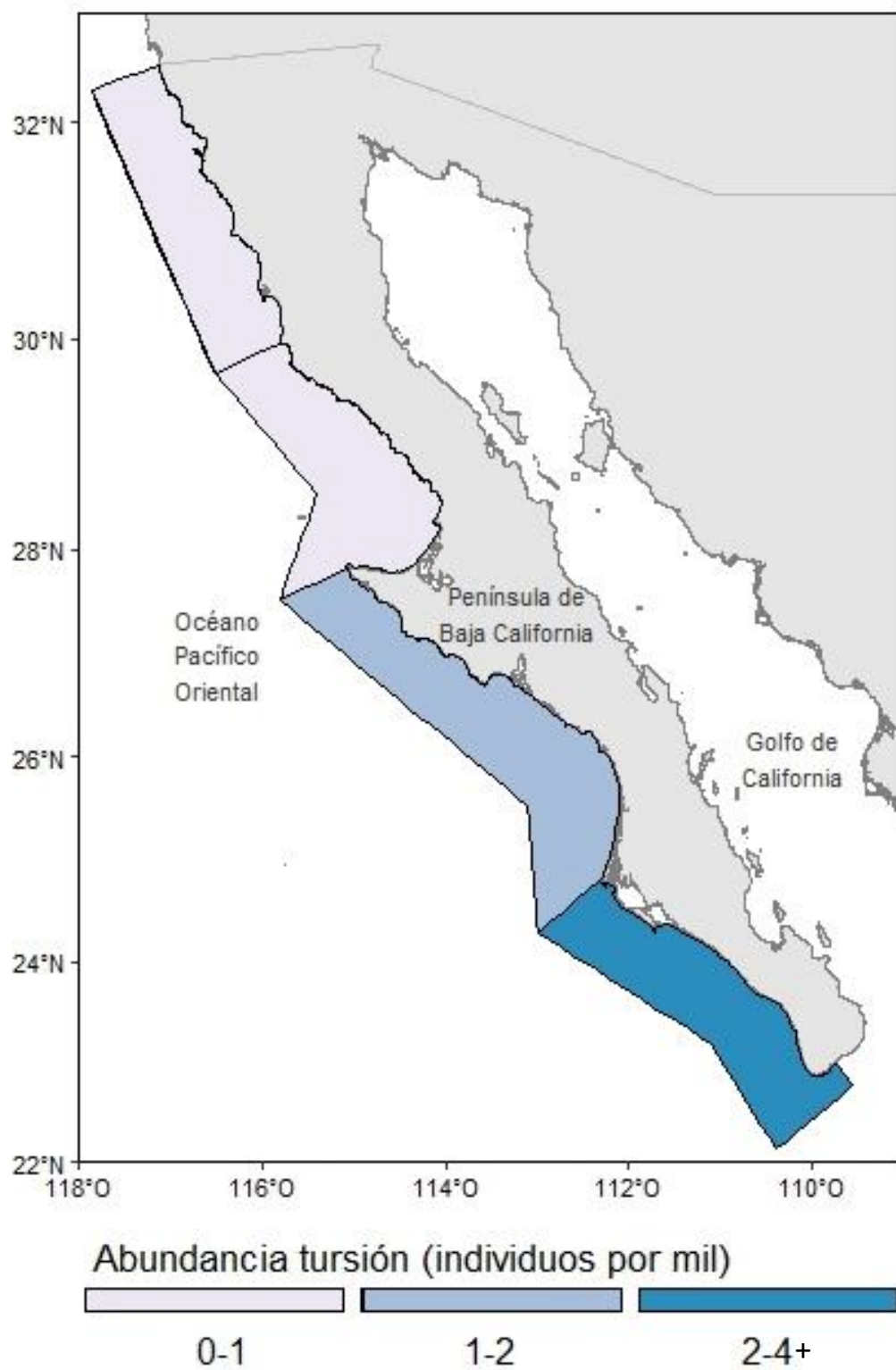


Figura 16. Abundancia del tursión por estrato en toda el área de estudio.

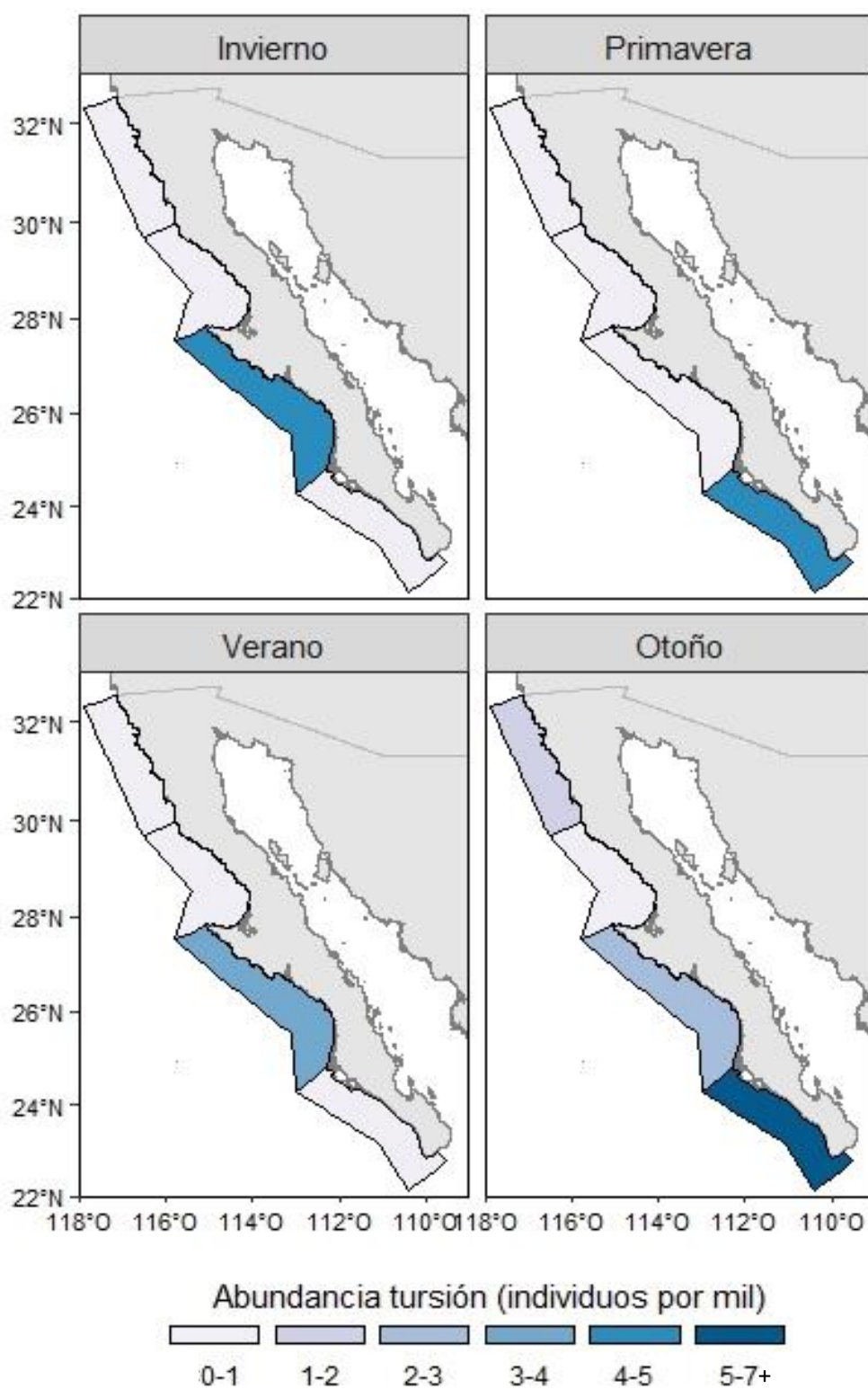


Figura 17. Abundancia por estrato y temporada del tursi3n.

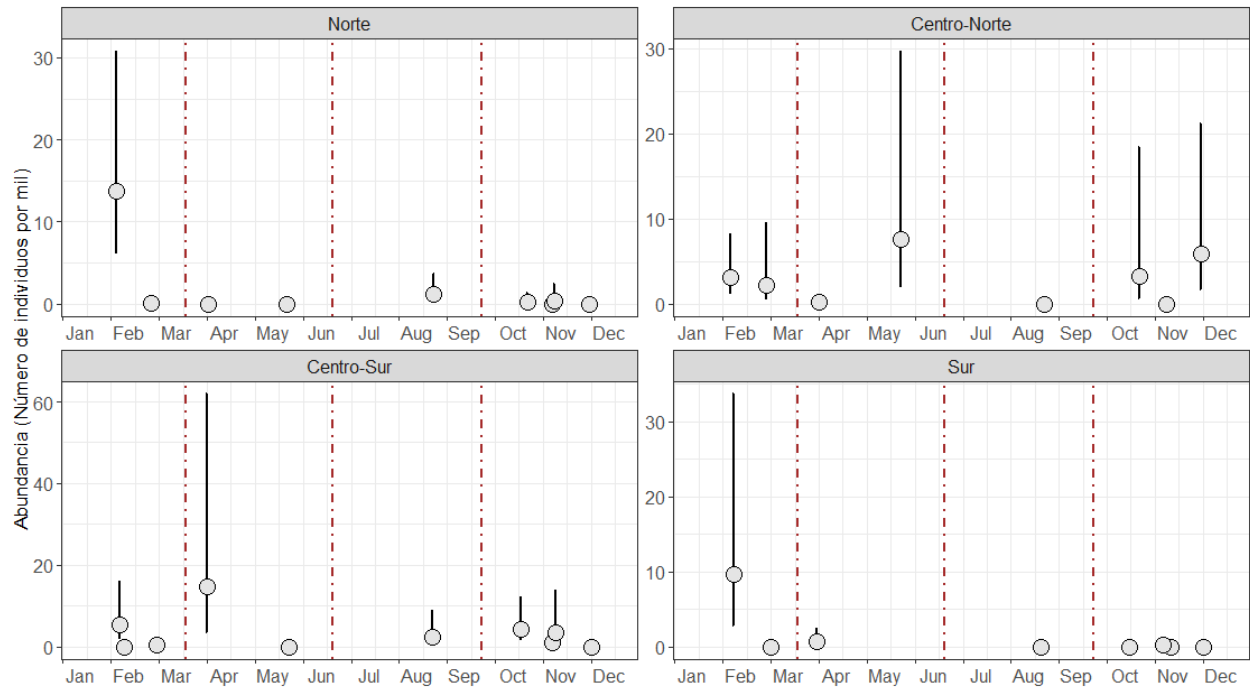


Figura 18. Abundancia por estrato del tursión de cada muestreo llevado a cabo durante los meses del año. Cada línea punteada separa las estaciones del año. Los bigotes indican los intervalos de confianza (mínimo y máximo) para cada estimación.

Capítulo 4. Discusión

La familia Delphinidae es la mayor representada entre los odontocetos de la costa oeste de la Península de Baja California. De las 17 especies que la constituyen, 15 son las que se distribuyen dentro del área muestreada (Jefferson, et al., 2015; Heckel et al., 2018). En este trabajo, de los seis grupos de delfines registrados, se identificaron como especies dominantes a los delfines comunes, el tursi3n y delfines no identificados (Tabla 1). Cubriendo la regi3n del 3rea de estudio, el delf3n com3n (*Delphinus delphis*) suele ser una de las especies m3s registradas, predominando la subespecie de rostro largo (Valles, 1998). Al norte de Punta Salsipuedes, mediante observaciones desde tierra, se han registrado a los delfines comunes y al tursi3n como especies frecuentes, aunque la especie m3s frecuente fue el delf3n de costados blancos del Pac3fico (Rivera, 2008). Sin embargo, en el presente estudio fue una de las especies consideradas poco frecuentes por tener solo un registro.

En la regi3n norte y centro de la Corriente de California, siguiendo el mismo m3todo de este estudio (muestreo de distancias), los delfines comunes se encuentran dentro de las 15 especies de cet3ceos m3s observadas, junto con los tursiones (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010; Douglas et al., 2014, Campbell et al., 2015). El mismo caso se presenta en el Golfo de California (Heckel, 2006; Pardo, 2009).

En este estudio, a lo largo de la regi3n sur de la Corriente de California los delfines comunes estuvieron m3s presentes en el estrato norte, al igual que los delfines no identificados (Tabla 1, Figuras 4 y 6). Este estrato, al ser influenciado por aguas sub3rticas durante todo el a3o, tiene las temperaturas m3s bajas que el resto de los estratos (Durazo et al., 2010). Valles (1998) tambi3n registr3 las diferentes preferencias que mostraron las subespecies de *Delphinus* a lo largo de la costa de Baja California, donde el delf3n com3n de rostro corto se observ3 principalmente al norte y el delf3n com3n de rostro largo al sur. Por lo tanto, es posible que la mayor3a de los registros que se tuvieron en este estudio pertenecen al delf3n com3n de rostro corto; que, adem3s, se ha visto que esta subespecie prefiere 3reas con temperaturas m3s bajas, en comparaci3n con el delf3n de rostro largo (Valles, 1998). En el caso del tursi3n, en este trabajo sus agregaciones se concentraron m3s en el estrato centro-sur (Tabla 1, Figura 5), que es reconocido como una zona de transici3n (Hern3ndez de la Torre et al., 2015), donde la posici3n latitudinal de las masas de agua (sub3rticas, tropicales y subtropicales) determinan los cambios en la composici3n de las comunidades pel3gicas (Durazo et al., 2010). Para las especies que se consideraron poco frecuentes, no se pudo observar alg3n patr3n preferente por el n3mero de sus observaciones (≤ 2).

Se ha evidenciado la distribución que tienen ambas especies de delfines, no solo latitudinal, sino que también longitudinal, donde los delfines comunes se agregaron a distancias más lejanas de la costa y en zonas más profundas en comparación con el tursi3n (Rivera, 2008). Est3 documentado que el delf3n com3n de rostro corto es una subespecie que tiene mayor afinidad oce3nica y el delf3n com3n de rostro largo se concentra en aguas m3s cercanas a la costa (P3rez-Cort3s et al., 2000; Jefferson et al., 2015; Heckel et al., 2018). Por la dificultad de distinc3n entre ambas subespecies durante los muestreos a3reos, aqu3 se manej3 a nivel de especie (*Delphinus delphis*). Geogr3ficamente su distribuci3n no reflej3 alguna afinidad, pues se registraron tanto en zonas cercanas a la costa y m3s lejanas de 3sta (Figuras 4 y 6). Cabe destacar que para los delfines comunes no hubo ning3n registro (Figura 4) en la mayor prominencia costera del sur de la Corriente de California, Punta Eugenia (entre el estrato centro-norte y centro-sur), lugar donde los vientos del noroeste no soplan favorables a las surgencias debido a la orientaci3n de la costa que presenta Bah3a Vizca3no (Castro y Mart3nez, 2010). Esta ausencia podr3a indicar que, en esa zona, no se concentran en grandes card3menes las presas de esta especie, por lo que su presencia puede ser m3nima.

El tursi3n es una especie que se agrega en zonas cercanas a la costa (P3rez-Cort3s et al., 2000; Jefferson et al., 2015; Heckel et al., 2018), en este trabajo no se aprecia visualmente este comportamiento, pues se registr3 en zonas m3s lejanas de la costa (Figura 5). Esto podr3a indicar que parte de sus presas se encuentran m3s alejadas de la costa. En menor proporci3n, dentro de la dieta de los tursiones se incluyen familias arriba de los 50 cm de longitud (*Onychoteuthidae*) (Pauly et al., 1998), por lo que su distribuci3n se aleja m3s de la costa. Adem3s, en ciertos grupos de tursiones, existen diferencias en el 3rea de alimentaci3n seg3n sexo y tama3o, donde las hembras lactantes y sus cr3as frecuentan y se alimentan en la zona cercana a la costa, los juveniles se alimentan un poco m3s lejos y las hembras en reposo y machos adultos se alimentan a3n m3s lejos (Wells y Scott, 2009). Tamb3n hubo peque3as aglomeraciones en la regi3n sur de Punta Eugenia dentro del estrato centro-sur que se caracteriza por ser una zona muy productiva y que cuenta con giros cicl3nicos (Durazo et al., 2010). De igual forma esta especie presenta un conglomerado al norte de Cabo San Lucas dentro del estrato sur; dicho estrato caracterizado por tener influencia de masas de agua tropicales y subtropicales (Castro y Mart3nez, 2010).

El truncado a la derecha del grupo de delfines comunes fue mayor a lo que se report3 en el tursi3n (Figuras 7 y 8). Esto era de esperarse, pues las subespecies de delf3n com3n son muy gregarias y suelen aglomerarse alrededor de 10 hasta miles de individuos (Valles, 1998; Heckel, 2006; Barlow y Forney, 2007; Rivera, 2008; Pardo, 2009; Barlow, 2010; Palacios et al., 2012; Douglas et al., 2014; Jefferson et al., 2015; Quintana-Rizzo, 2021). Por tal motivo, la detectabilidad de sus avistamientos con respecto a la distancia desde la l3nea de transecto fue m3s alta que la del tursi3n, que es una especie que suele formar grupos menores a

los 20 individuos, aunque llegan a encontrarse grupos de hasta 250 individuos (Morteo et al., 2004; Heckel, 2006; Barlow y Forney, 2007; Rivera, 2008; Pardo, 2009; Barlow, 2010; Palacios et al., 2012; Douglas et al., 2014; Jefferson et al., 2015; Quintana-Rizzo, 2021). Trabajos realizados en el resto de la Corriente de California, indican que el truncado aplicado para estos grupos de delfines fue menor a los 4 km de distancia (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010; Douglas et al., 2014; Campbell et al., 2015). Esto se entiende porque a pesar de que se utilizó el mismo método de muestreo de distancias, la plataforma utilizada para dichos muestreos fue mediante barcos, por lo que la visibilidad que tienen los observadores al momento de registrar los avistamientos se ve más limitada que cuando se realizan muestreos aéreos. En este estudio, el truncado fue de 9 km para los delfines comunes y 3.5 km para los tursiones (Figuras 7 y 8).

En el Golfo de California sí se han reflejado las diferencias de truncado entre ambas especies de delfines; el tursión se truncó a distancias más cortas en comparación con los delfines comunes (Heckel, 2006; Pardo, 2009). Aun así, dichas diferencias fueron distancias menores a las reportadas en este trabajo; recalando que durante los censos aéreos la actividad en superficie de dichas especies es más notoria, aunado al tamaño de los grupos que forman.

Para las dos especies de delfines a las que se les estimó su densidad y abundancia, fue necesario conocer previamente su probabilidad de detección mediante modelos que mejor se ajustaron a sus datos; dichos modelos coincidieron con una función clave de Hazard-Rate sin ajuste. Lo que marcó diferencias para encontrar la función de detección para cada grupo fueron las covariables que mejoraron esas funciones. Para el caso del delfín común dichas covariables fueron: el tamaño de grupo, como una característica propia de la especie y la visibilidad, como una condición del ambiente (Figura 9). El tamaño de grupo que fungió como covariable, también fue considerada en otros estudios (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010; Douglas et al., 2014) a lo largo de la Corriente de California. Esto es entendible porque para los observadores es más fácil detectar un grupo grande de delfines a un grupo pequeño a distancias más lejanas a la línea de transecto.

Como se señaló con anterioridad, el delfín común tuvo un tamaño máximo de grupo de 3,500 individuos (Anexo D) y se pudo observar que los grupos pequeños se avistaron a distancias más cercanas a la línea de transecto y a distancias más largas, los grupos tendían a ser más grandes. Sin embargo, también existió variación a esas distancias largas (Anexo D), lo que podría significar que las condiciones del mar jugaron un papel igual de importante para su detectabilidad, como bien se reflejó en el modelo ajustado, donde la visibilidad fue la condición del ambiente que influyó en la detección de este grupo de delfines. Reportes de la Corriente de California también indicaron para este grupo de delfines que su detectabilidad fue

influenciada por condiciones ambientales, en este caso el estado Beaufort del mar (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010; Douglas et al., 2014; Campbell et al., 2015).

La covariable que mejoró la probabilidad de detección del tursión fue el tamaño de grupo, al igual que en otros reportes que se tienen de la Corriente de California (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010; Douglas et al., 2014). Sin embargo, en dichos reportes también consideraron las condiciones del mar para la función de detección. Esto no indica que cierto modelo sea mejor que el otro por considerar o no dichas covariables, más bien muestra que, para lo reportado en este trabajo, el mejor ajuste para la función de detección para este grupo de delfines bastó con las características propias de la especie (tamaño de grupo) (Figura 10) y que las condiciones del mar no fueron lo suficientemente influyentes para que mejorara aún más esa función de detección.

El delfín común tuvo un ancho de banda medio efectivo ($\hat{\mu}$) menor (1.02 km, Tabla 3) a lo reportado en el resto de la Corriente de California (>2 km) (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010) y en algunos casos mayor (Douglas et al., 2014; Campbell et al., 2015). Para el tursión su $\hat{\mu}$ (0.48 km, Tabla 3) fue menor a lo reportado en otros trabajos (1 y 2.24 km; Barlow y Forney, 2007 y Barlow, 2010) y similarmente como el delfín común fue una $\hat{\mu}$ mayor para lo reportado por Douglas et al. (2014). Esto solo indica que en los diferentes estudios que se han realizado con respecto a lo que se ha reportado en este trabajo, existen similitudes en la proporción del área que se muestreó efectivamente desde la línea de transecto.

El delfín común tuvo una densidad (360.86 individuos por 1,000 km²) con un orden de magnitud mayor sobre el tursión (67.44, Tabla 4). Teniendo en cuenta los diferentes trabajos que se han realizado en el resto de la Corriente de California, se han registrado densidades similares para el delfín común de rostro corto (309.35 y 322.2 individuos por 1,000 km²; Barlow y Forney, 2007 y Barlow, 2010). En ambos estudios las densidades registradas para el delfín común de rostro largo fueron un orden de magnitud más bajas (19.24 y 54.7 individuos por 1,000 km² respectivamente), lo que podría indicar que muy probablemente las densidades registradas en este trabajo pertenezcan al delfín común de rostro corto. Con respecto al tursión, las densidades registradas en este trabajo fueron un orden de magnitud mayores a las reportadas por Barlow y Forney (2007) y Barlow (2010) (1.78 y 0.4 individuos por 1,000 km², respectivamente).

Las abundancias estimadas para las dos especies de delfines que se reportan en este estudio, es lo más completo que se ha realizado en toda la costa oeste de Baja California, donde se incluye la región sur de la Corriente de California, desde lo reportado por Valles (1998) quien estimó las abundancias de las subespecies del delfín común. De las estimaciones de abundancia obtenidas, el delfín común fue el grupo

de delfines más abundante de toda la costa oeste de Baja California, seguido del tursi3n. Sin hacer alguna comparaci3n de estas abundancias con otros trabajos por la discrepancia existente entre el tama1o de las 1reas muestreadas para dichas estimaciones, solo se esclarece que estudios realizados al norte y centro de la Corriente de California, las abundancias de las subespecies del delf3n com3n sobresalieron del resto (Barlow y Forney, 2007; Barlow, 2010; Douglas et al., 2014; Campbell et al., 2015).

Las estimaciones de abundancia obtenidas por estrato para el delf3n com3n indicaron que el estrato centro-sur fue el sitio donde se registr3 la mayor abundancia (Tabla 5, Figura 12) a pesar de haber sido el segundo estrato con m1s avistamientos. Sin embargo, fue el estrato donde el tama1o promedio de grupo fue el m1s grande (Tabla 1), un tama1o promedio m1s del doble que lo registrado para el resto de los estratos. Esto probablemente se deba a las caracter3sticas oceanogr1ficas del ambiente, pues este estrato es muy din1mico por ser una zona de transici3n entre aguas sub1rticas, tropicales y subtropicales (Durazo et al., 2010). Esto podr3a indicar que las condiciones ambientales han favorecido a este grupo de delfines a hacer agregaciones m1s grandes para capturar peces y cefal3podos en card3menes grandes (Jefferson et al., 2015).

El estrato con menos abundancia de delfines comunes fue el centro-norte (Tabla 5, Figura 12), mismo que present3 el menor n3mero de avistamientos y con un tama1o promedio grupal similar al estrato norte y sur (Tabla 1). Este estrato, en comparaci3n con el resto, es uno de los menos productivos ya que en parte, los vientos provenientes del noroeste no soplan favorables a las surgencias debido a la orientaci3n costera (en forma de cuenca) que presenta Bah3a Vizca3no (Castro y Mart3nez, 2010; Durazo et al., 2010). Esto podr3a incidir en la menor abundancia de la especie en este estrato, donde las condiciones aparentemente no favorecen la disponibilidad de sus presas, pues la distribuci3n de la especie est1 relacionada con la presencia de su alimento.

Los delfines comunes fueron m1s abundantes en oto1o con su m1ximo en el estrato centro-sur (Figura 13), estaci3n m1s avistada para este grupo de delfines y con un esfuerzo de muestreo mayor que el resto (Anexo A). Durante esta estaci3n del a1o, este estrato presenta la mayor concentraci3n media de clorofila-*a*, $>2 \text{ mg m}^{-3}$, al sur del Golfo de Ulloa; con los valores m1s altos en producci3n primaria integrada en zonas integradas a la costa frente a Punta Abreojos, dentro del Golfo de Ulloa ($>150 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) (Gaxiola-Castro et al., 2010). En este estrato el zooplancton m1s abundante en esta estaci3n del a1o son los pter3podos; y depredadores como los quetognatos tienen mayor presencia (Lavaniegos et al., 2010). Todo en su conjunto y en una cadena tr3fica progresiva, crean el ambiente ideal para que peces mesopel1gicos,

epipelágicos (Jiménez-Rosenberg et al., 2010), escómbridos y calamares habitan esta región; éstos son presas de los delfines y su distribución está relacionada con la distribución de sus presas.

En invierno, las mayores abundancias se presentaron en el estrato norte, mismo que tuvo la mayor abundancia (Figura 13). Durante esta estación, este estrato presenta las menores concentraciones de fitoplancton, cuando los vientos son menos intensos (Gaxiola-Castro et al., 2010) y mayor abundancia larval de especies de aguas frías y templadas mesopelágicas (Jiménez-Rosenberg et al., 2010). En primavera, al igual que en otoño, las mayores abundancias se presentaron en el estrato centro-sur, el cual presenta la mayor concentración media de clorofila-*a* ($\sim 2 \text{ mg m}^{-3}$) al sur de Punta Eugenia (Gaxiola-Castro et al., 2010).

Durante verano se presentaron las abundancias más bajas para este grupo de delfines, con su mayor abundancia en el estrato sur (Figura 13). Dicha estación fue la que tuvo menor esfuerzo de muestreo (Anexo B) y número de avistamientos con respecto al resto; además, este grupo de delfines solo se presentó en los dos estratos más sureños de la costa oeste de Baja California (Tabla 6). Este estrato es el más cálido en comparación con el resto y durante verano presenta aguas $>25^\circ\text{C}$ (Hernández de la Torre et al., 2015) beneficiando la dominancia de larvas de peces de aguas cálidas (Jiménez-Rosenberg et al., 2010). El trabajo de Valles (1998) quien estimó las abundancias de ambas subespecies de delfines comunes en dos estaciones del año (invierno y verano) mostró para ambas un notorio aumento en sus estimaciones para verano a lo largo de toda la costa oeste de Baja California; estación que en este trabajo se registraron las menores abundancias en comparación del resto de las estaciones del año.

En el caso del tursión, su mayor abundancia se presentó en el estrato sur (Tabla 5, Figura 16), donde se registró su abundancia y tamaño promedio de grupo más grande (Tabla 1). Este estrato, a pesar de ser el menos productivo que el resto (Castro y Martínez, 2010), al no ser influenciado por la Corriente de California permite la reproducción de varias especies demersales, además de aumentar la abundancia de especies de aguas cálidas (Jiménez-Rosenberg et al., 2007) por la influencia de masas de agua tropical y subtropical (Castro y Martínez, 2010). Para esta especie de delfín dichas condiciones favorecen su abundancia, ya que comúnmente la mayoría de sus presas habitan en el fondo (Wells y Scott, 2009), por lo que formar agregaciones muy grandes no forma parte de su estrategia de alimentación. Al igual que los delfines comunes, el estrato centro-norte fue el menos abundante para los tursiones (Tabla 5, Figura 16), donde abundan especies de peces de aguas frías y templadas (Jiménez-Rosenberg et al., 2010).

El tursión fue más abundante durante otoño y el estrato sur fue donde se encontró su mayor abundancia, región que presenta aguas con temperatura superficial $>25^{\circ}\text{C}$, con una condición media de productividad nueva oligotrófica ($\leq 0.5 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$) (Hernández de la Torre et al., 2015). Durante invierno la especie no estuvo presente en el estrato centro-norte, mismo que presenta sus mayores temperaturas (20°C). En verano la especie no se encontró en el estrato sur; para ambas estaciones del año (invierno y verano) sus mayores abundancias se concentraron en el estrato centro-sur (Figura 17), que está influenciado por aguas ecuatoriales al presentar valores más bajos de $\text{pH} < 7.5$ (Juárez-Colunga et al., 2010). Este estrato durante verano presenta la mayor concentración media de clorofila-*a* frente a Punta Abreojos ($>2.5 \text{ mg m}^{-3}$) (Gaxiola-Castro et al., 2010). Primavera es la estación donde el flujo de la Corriente de California es más fuerte, por lo que la actividad de mesoescala no está presente (Durazo et al., 2010), beneficiando la abundancia de especies mesopelágicas y pelágico-costeras como el pez luminoso punteado (*V. lucetia*) y la anchoveta (*E. mordax*) (especies de aguas frías y templadas), y su influencia se rige hasta el estrato centro-sur. Para este grupo de delfines, en primavera no hubo registro de la especie en los primeros tres estratos (norte, centro-norte y centro-sur), teniendo sus abundancias más altas en el estrato sur (Tabla 6, Figura 17), región que tiene aguas medianamente cálidas ($20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$) (Hernández de la Torre et al., 2015).

El delfín común y el tursión presentaron sus mayores abundancias en otoño; aparentemente el tursión tiene sus mayores concentraciones de abundancia en áreas más cálidas en comparación con el delfín común; esto se visualiza estacionalmente, donde las mayores abundancias para el tursión se ubican al sur de los 28°N , que, en comparación con el delfín común, estas mayores abundancias se presentan desde los 32°N hasta los 22°N , excepto el estrato centro-norte (Figuras 13 y 17).

Capítulo 5. Conclusiones

Para la estimación de abundancias mediante el muestreo de distancias, se definió la función de probabilidad de detección, que describe la relación entre la distancia y la probabilidad de detección; para poder definirla para cada especie de delfines, se generaron diferentes modelos en busca de aquel que mejor se ajustara a los datos. Para ambas especies de delfines, se utilizó la función clave Hazard-Rate en su modelo seleccionado correspondiente, considerando como covariables (para hacer más robusto el modelo) el tamaño de grupo; para el delfín común se consideró además la visibilidad como covariable.

La probabilidad de detección del delfín común fue de 0.1131 con un ancho de banda efectivo ($\hat{\mu}$) de 1.01 km; el tursión presentó una probabilidad de detección de 0.1253 con $\hat{\mu}$ de 0.47 km. Es importante señalar que en este trabajo no se asignaron los porcentajes de los avistamientos de delfines no identificados al delfín común y al tursión. Por lo tanto, puede afirmarse que las abundancias estimadas del delfín común y del tursión son las mínimas que presentan ambas especies en toda la costa oeste de la Península de Baja California.

De ambas especies, el delfín común fue la más abundante en toda el área de estudio con un orden de magnitud mayor a la del tursión, con una abundancia máxima registrada de 130,318 individuos (CV=0.54). El tursión registró una abundancia máxima de 23,689 individuos (CV=0.34). Es muy probable que un mayor porcentaje de las especies que constituyen el grupo de delfines no identificados pertenezcan al delfín común, esto por la tasa de encuentro que registraron.

Especialmente, se confirmó que los dos grupos de delfines estuvieron presentes a lo largo de la costa oeste de la Península de Baja California. Sin embargo, existieron diferencias en las abundancias de cada grupo de delfines. De toda el área de estudio el delfín común fue el más abundante en el estrato centro-sur (20,082; CV=0.469) y el tursión fue más abundante en el estrato sur (4,413; CV=0.422).

Con este trabajo no se logró comprobar la hipótesis donde se planteó que los avistamientos del tursión se presentarían cercanas a la costa y los del delfín común más alejados de ella. Los avistamientos para ambas especies se presentaron tanto cercanos como alejados de la costa, sin marcar alguna distinción entre especies.

Se planteó la hipótesis de que las mayores abundancias del delfín común se presentarían durante la temporada de invierno, lo cual no se cumple, ya que se registró que las mayores abundancias se

presentaron en otoño, al igual que las del tursi3n. Se identific3 que las mayores abundancias del tursi3n estuvieron en 1reas m1s c1lidas en comparaci3n con las del delf3n com3n. Se plante3 tambi3n que las menores abundancias se presentar3an durante la estaci3n de primavera, hip3tesis que no se rechaza para el caso del tursi3n. Sin embargo, para el delf3n com3n sus menores abundancias se dieron durante la estaci3n de verano, caso donde se rechaza la hip3tesis planteada.

Analizando la variaci3n temporal de las abundancias de cada grupo de especies, se observ3 para el delf3n com3n que la mayor3a de sus estimaciones fueron abundancias por debajo de los 100,000 individuos. En agosto del 2018 se present3 la abundancia m1s baja; en cambio, para octubre del 2019 se registr3 la abundancia m1s alta. Esta 3ltima fecha coincidi3 con la abundancia m1s alta registrada para el tursi3n y fue en el 2020 cuando se registr3 su menor estimaci3n; para esta especie la abundancia se mantuvo por debajo de los 25,000 individuos en la mayor3a de los a1os.

Como se plante3 en un inicio, este trabajo se origin3 para poder tener un registro actualizado de las especies que se distribuyen a lo largo de la costa oeste de Baja California, adem1s de sus densidades y abundancias analizadas espacial y estacionalmente. Esto contribuir1 para poder evaluar cualquier impacto a largo plazo por factores antropog3nicos. Adem1s, es una contribuci3n al proyecto por parte del CEMIE-Oc3ano, donde se busca la instalaci3n de plantas generadoras de energ3a renovable en el oc3ano. De acuerdo con lo obtenido en este trabajo, no se recomienda instalar estas plantas en los estratos centro-sur y sur, ya que son los estratos donde se registraron las mayores abundancias de los grupos de delfines. Aunado a ello, se propone que se contin3en con este tipo de an1lisis para poder llevar un seguimiento de las abundancias y reconocer alg3n cambio por el impacto de la instalaci3n y as3 implementar estrategias de conservaci3n.

Literatura citada

- Barlow, J. 1997. Preliminary estimates of cetacean abundance off California, Oregon, and Washington based on a 1996 ship survey and comparison of passing and closing modes. En: NOAA Administrative Report NMFS-SWFSC-271, California, USA. pp. 25. Consultado el 25 06 2022 de <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/25845>
- Barlow, J. 2010. Cetacean abundance in the California Current estimated from a 2008 ship-based line-transect survey. En: NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFSC-456. California, USA. pp. 20. Consultado el 25 06 2022 de <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/3916>
- Barlow, J., Forney, K.A. 2007. Abundance and population density of cetaceans in the California Current ecosystem. *Fishery Bulletin*, 105(4), pp. 509-526. doi:10.1016/j.jmarsys.2007.01.010
- Barlow, J., Gerrodette, T. 1996. Abundance of cetaceans in California waters based on 1991 and 1993 ship surveys. En: NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFSC-233. California, USA. pp. 16. Consultado el 20 05 2022 de <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2992>
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L. 2001. Introduction to distance sampling. estimating abundance of biological populations. Oxford
- Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Marques, T.A., Oedekoven, C.S. 2015. Distance sampling: methods and applications, methods in statistical ecology. Springer International Publishing Switzerland. doi:10.1007/978-3-319-19219-2_1
- Campbell, G.S., Thomas, L., Whitaker, K., Douglas, A.B., Calambokidis, J., Hildebrand, J.A. 2015. Inter-annual and seasonal trends in cetacean distribution, density and abundance off southern California. *Deep-Sea Research II*, 112, pp. 143-157. doi:10.1016/j.dsr2.2014.10.008
- Carretta, J.V., Chivers, S.J., Perryman, W.L. 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), pp. 152-164. doi.org/10.3160/0038-3872-110.3.152
- Castro, R., Martínez, A. 2010. Variabilidad espacial y temporal del campo de viento. En: Gaxiola-Castro, G., Durazo, R. (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, México, D.F.
- Díaz, R.E., Ortega, C.D. 2019. Los Delfines. *Ciencia*, 70(3), pp. 64-71. Consultado el 20 06 2022 de https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/70_3/PDF/10_70_3_1156_Delfin_L.pdf
- Douglas, A.B., Calambokidis, J., Munger, L.M., Soldevilla, M.S., Ferguson, M.C., Havron, A.M., Camacho, D.L., Campbell, G.S., Hildebrand, J.A. 2014. Seasonal distribution and abundance of cetaceans off southern California estimated from CalCOFI cruise data from 2004 to 2008. *Fishery Bulletin*, 112(2-3), pp. 198-220. doi:10.7755/FB.112.2-3.7
- Durazo, R., Baumgartner, T.R. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997-1999. *Progress in Oceanography*, 54(1-4), pp. 7-31. doi:10.1016/S0079-6611(02)00041-1

- Durazo, R., Ramírez-Manguilar, A.M., Miranda, L.E., Soto-Mardones, L.A. 2010. Climatología de variables hidrográficas. En: Gaxiola-Castro, G., Durazo, R. (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, México, D.F.
- Forney, K.A., Barlow, J. 1998. Seasonal patterns in the abundance and distribution of California cetaceans, 1991-1992. *Marine Mammal Science*, 14(3), pp. 460-489. doi:10.1111/j.1748-7692.1998.tb00737.x
- Gaxiola-Castro, G., Cepeda-Morales, J., Nájera-Martínez, S., Espinosa-Carreón, T.L., De la Cruz-Orozco, M.E., Sosa-Avalos, R., Aguirre-Hernández, E., Cantú-Ontiveros, J.P. 2010. Biomasa y producción del fitoplancton. En: Gaxiola-Castro, G., Durazo, R. (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, México, D.F.
- Hammond, P.S. 2010. Estimating the abundance of marine mammals. En: Boyd, I.L., Don-Bowen, W., Iverson, S.J. (Eds.), *Marine Mammal Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques*. Oxford University Press, New York
- Heckel, G. 2006. Diversidad, distribución y abundancia de cetáceos en Bahía de los Ángeles y Canal de Ballenas, Golfo de California: bases científicas para una nueva área de observación turística de mamíferos marinos. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Informe final. SNIB-CONABIO proyecto No. DE008 México D. F.
- Heckel, G., Ruiz, M.G., Schramm, Y., Gorter, U. 2018. Atlas de distribución y abundancia de mamíferos Marinos en México. Universidad de Campeche, CEMIE-Océano. doi:10.26359/epomex.cemie022018
- Hernández de la Torre, B., Aguirre, R., Gaxiola-Castro, G., Álvarez, S., Gallegos-García, A., Rosete, F., Bocco, G. 2015. Ordenamiento ecológico marino en el Pacífico norte mexicano: propuesta metodológica. *Hidrobiológica*, 25(2), pp. 151-163. Consultado el 15 08 2022 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018888972015000200151&lng=es&tlng=es.
- Horn, M.H., Allen, L.G., Lea, R.N. 2006. Biogeography. En: Allen, L.G., Pondella, D.J., Horn, M.H. (Eds.), *The ecology of marine fishes: California and Adjacent waters*. University of California Press, Berkeley. doi:10.1525/california/9780520246539.003.0001
- Jefferson, T. A., Leatherwood, S., and Webber, M. A. 1993. *Marine mammals of the world. FAO Species Identification Guide*. Food and Agriculture Organization, Rome. 320 pp.
- Jefferson, T.A., Webber, M.A., Pitman, R.L. 2015. *Marine mammals of the world. A comprehensive guide to their identification*. 2da ed. Academic Press, Amsterdam
- Jiménez-Rosenberg S.P.A., Saldierna-Martínez, R., Aceves-Medina, G., Cota-Gómez, V. 2007. Fish larvae in Bahía Sebastián Vizcaíno and the adjacent oceanic region, Baja California, México. *Check List* 3: pp. 204–222. doi: 10.15560/3.3.204
- Jiménez-Rosenberg S.P.A., Saldierna-Martínez, R., Aceves-Medina, G., Hinojosa-Medina, A., Funes-Rodríguez, R., Hernández-Rivas, M., Avendaño-Ibarra, R. 2010. Caracterización de la comunidad de larvas de peces, 1997-2000. En: Gaxiola-Castro, G., Durazo, R. (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, México, D.F.

- Juárez-Colunga, M.C., Hernández-Ayón, J.M., Durazo, R., Lara-Lara, R., Gaxiola-Castro, G., Siqueiros-Valencia, A., Salmerón-García, O. 2010. Variación espacial y temporal del pH. En: Gaxiola-Castro, G., Durazo, R. (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, México, D.F.
- Lavaniegos, B.E., Ambriz-Arreola, I., Hereu, C.M., Jiménez-Pérez, L.C., Cadena-Ramírez, J.L., García-García, P. 2010. Variabilidad estacional e interanual del zooplancton. En: Gaxiola-Castro, G., Durazo, R. (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, México, D.F.
- Lynn, R.J., Simpson, J.J. 1987. The California Current System: the seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*, 92(C12), pp. 12947-12966. doi:10.1029/jc092ic12p12947
- Martínez-Cambolor, P., Carleos, C., Corral, N. 2012. Sobre el estadístico de Cramér-Von Mises. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 19(1), pp. 89-101. Consultado el 15 07 2022 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45326925007>
- Millán-Núñez, E. 2010. Variabilidad interanual del nano-microfitoplancton: inviernos 2001-2007. En: Gaxiola-Castro, G., Durazo, R. (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. SEMARNAT, México, D.F.
- Morteo, E., Heckel, G., Defran, R.H., Schramm, Y. 2004. Distribution, movements and group size of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) to the south of San Quintín Bay, Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 30(1A), pp. 35-46. doi:10.7773/cm.v30i11.122
- Palacios, D.M., Herrera, J.C., Gerrodette, T., García, C., Soler, G.A., Avila, I.C., Bessudo, S., Hernández, E., Trujillo, F., Flórez-González, L., Kerr, I. 2012. Cetacean distribution and relative abundance in Colombia's Pacific EEZ from survey cruises and platforms of opportunity. *J. Cetacean Res. Manage*, 12(1), pp. 45-60
- Pardo, M.A., 2009. Condiciones fisicoquímicas y biológicas que modulan la abundancia de cetáceos sobre Cuenca Alfonso, Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR. 101 pp.
- Pardo, M. A., Gerrodette, T., Beier, E., Gendron, D., Forney, K. A., Chivers, S. J., Barlow, J., & Palacios, D. M. 2015. Inferring cetacean population densities from the absolute dynamic topography of the ocean in a hierarchical bayesian framework. *PLOS ONE*, 10(3), e0120727. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120727>
- Pauly, D., Trites, A. W., Capuli, E., & V. Christensen. (1998). Diet composition and trophic levels of marine mammals. *Journal of Marine Science*, 55(3), 467-481. Consultado el 11 09 2022 de <https://doi.org/10.1006/jmsc.1997.0280>
- Pérez-Cortés, H., Villa, B., Delgado, A., Patiño, J.L. 2000. Familia Delphinidae. En: Álvarez-Castañeda, S.T., Patton, J.L. (Eds.), *Mamíferos del noroeste de México II*. Centro de Investigación Biológicas del Noroeste, S.C. México. Consultado el 20 02 2022 de <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/1555>

- Pusineri, C., Magnin, V., Meynier, L., Spitz, J., Hassani, S., Ridoux, V. 2007. Food and feeding ecology of the common dolphin (*Delphinus delphis*) in the oceanic northeast Atlantic and comparison with its diet in neritic areas. *Marine Mammal Science*, 23(1), pp. 30-47. doi:10.1111/j.1748-7692.2006.00088.x
- Quintana-Rizzo, E., Cabrera, A.A., Ortiz-Wolford, J., Dávila, V. 2021. Spatial distribution and abundance of small cetaceans in the Pacific waters of Guatemala. *Frontiers in Marine Science*, 8, pp. 1-18. doi: 10.3389/fmars.2021.674134
- Rivera, G. 2008. Diversidad y distribución de odontocetos en Costa Azul, Baja California. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. CICESE. 84 pp. Consultado el 05 03 2022 de <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/2561>
- Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, A.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A., Burnham, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology*. 47, pp. 5-14. doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x
- Valles, R. 1998. Abundancia y distribución de *Delphinus delphis* y *Delphinus capensis* en la costa occidental de la Península de Baja California. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR. 80 pp. Consultado el 05 03 2022 de <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15033>
- Wells, R.S., Scott, M.D. 2009. Common bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*. En: Perrin, W.F., Würsig, B., Thewissen, J.G.M. (Eds.), *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press 2da ed., Amsterdam

Anexos

Anexo A.

Tabla 7. Esfuerzo de muestreo por cada estrato.

Estrato	Área (km²)	Esfuerzo (km)
Norte	23,538.33	5,778.235
Centro-Norte	20,460.26	4,864.445
Centro-Sur	39,017.35	6,732.523
Sur	30,579.53	5,511.319
Total	113,595.5	22,886.52

Anexo B.

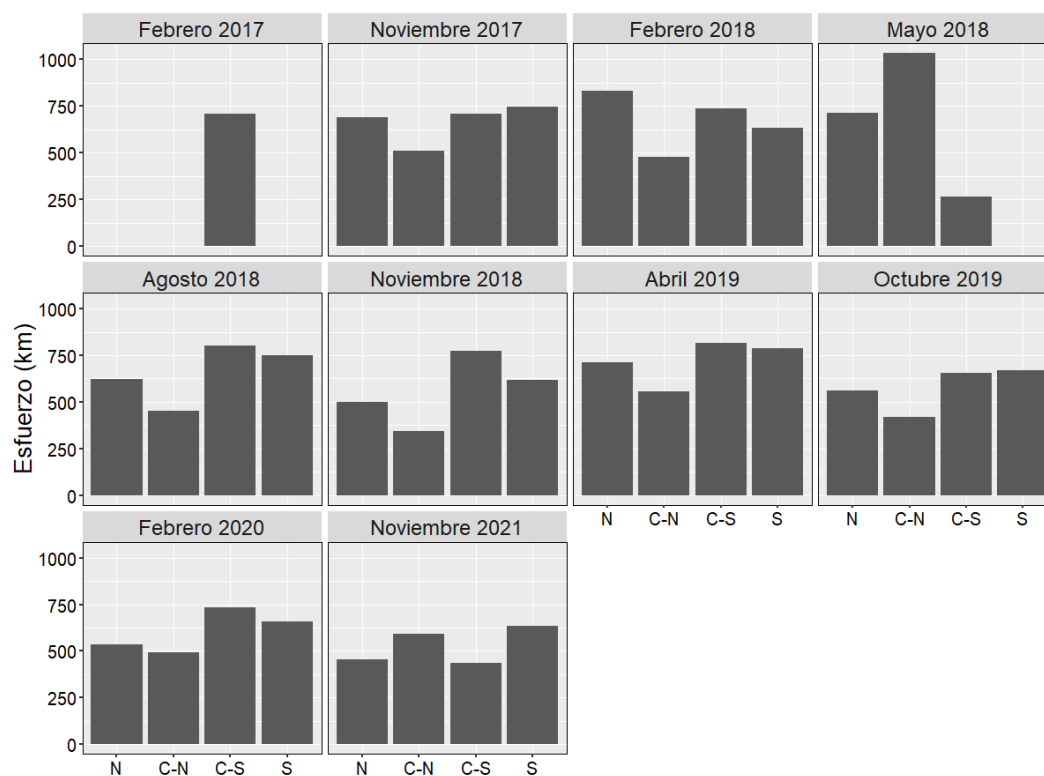


Figura 19. Distribución del esfuerzo de muestreo por estrato en cada campaña de muestreo. Estratos: N(Norte), C-N(Centro-Norte), C-S(Centro-Sur), S(Sur).

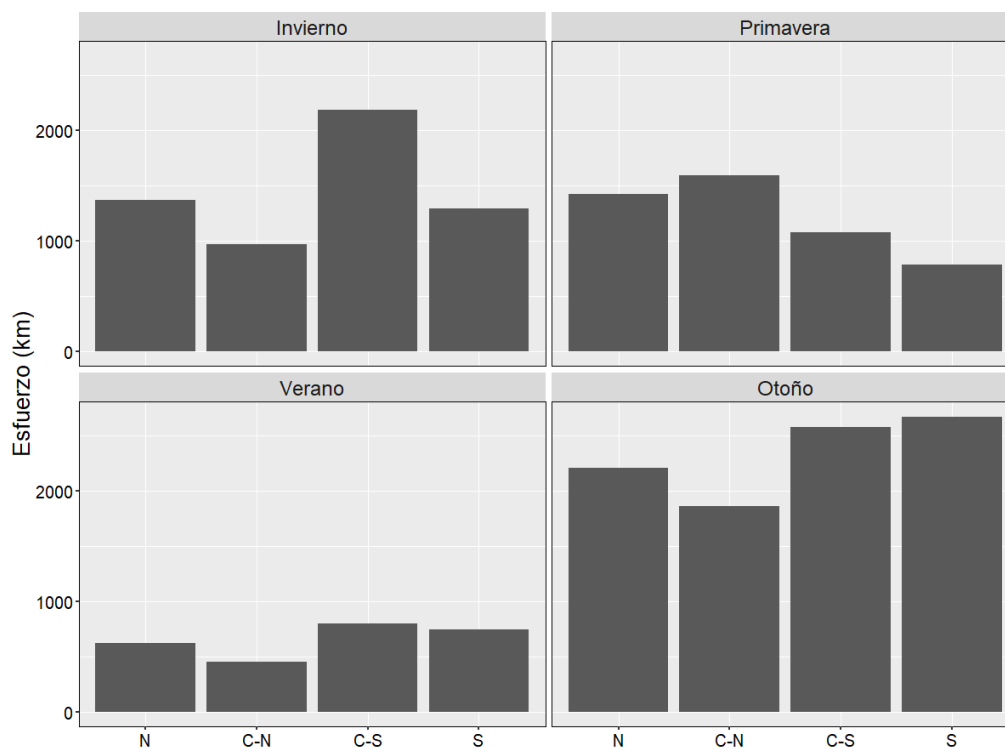


Figura 20. Distribución del esfuerzo de muestreo por estrato por cada temporada.

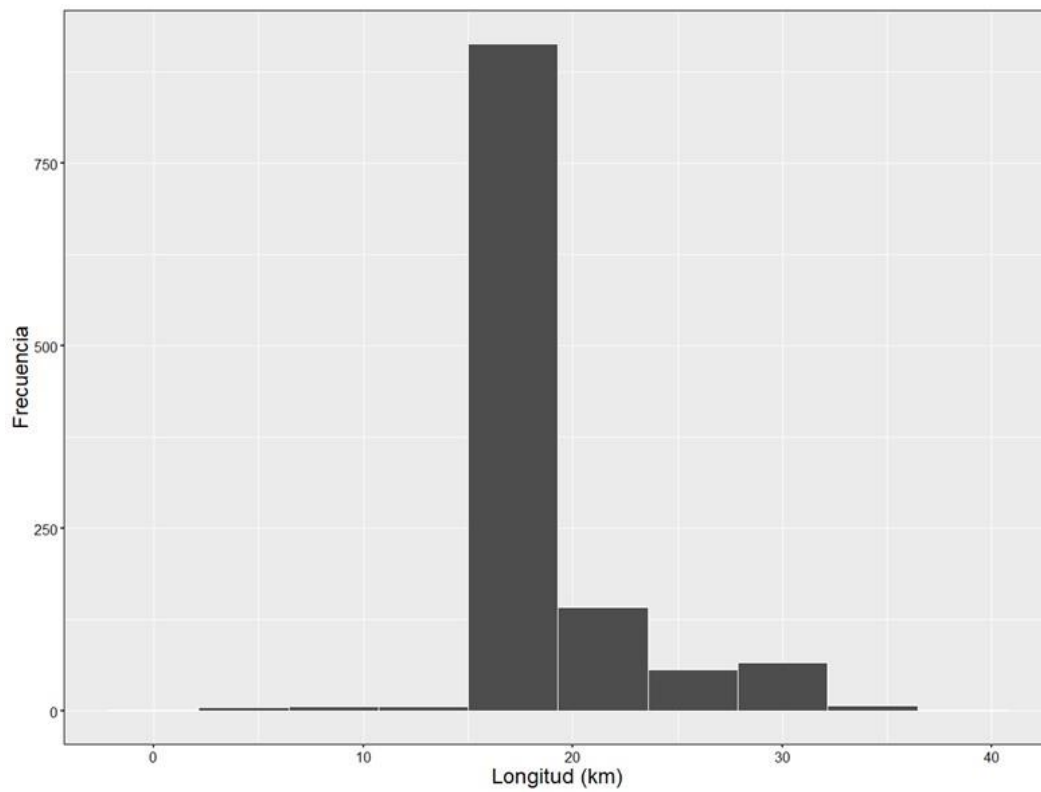
Anexo C.

Figura 21. Histograma del tamaño de transectos generados para la estimación de la abundancia.

Anexo D.

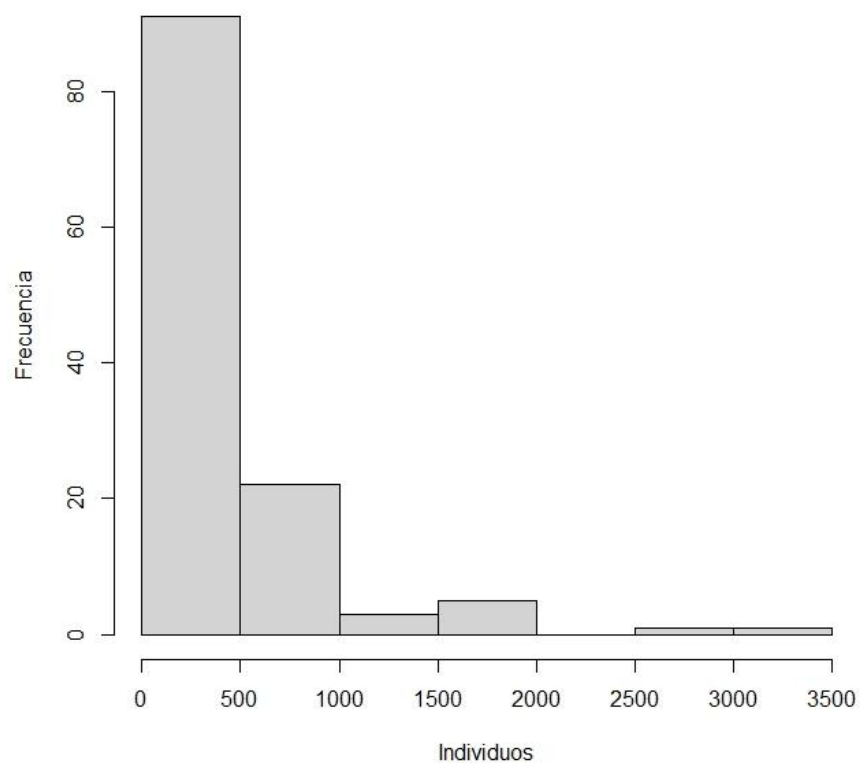


Figura 22. Distribución de los tamaños de grupo del delfín común.

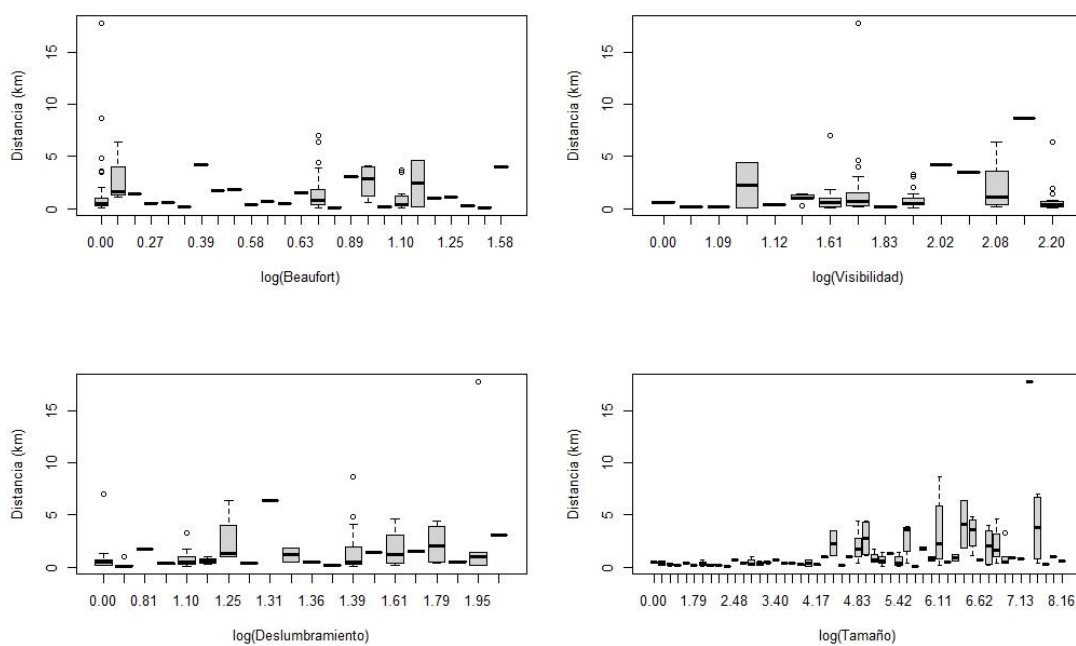


Figura 23. Distribución de las covariables utilizadas para la fabricación de los modelos con respecto a la distancia, para los grupos del delfín común.

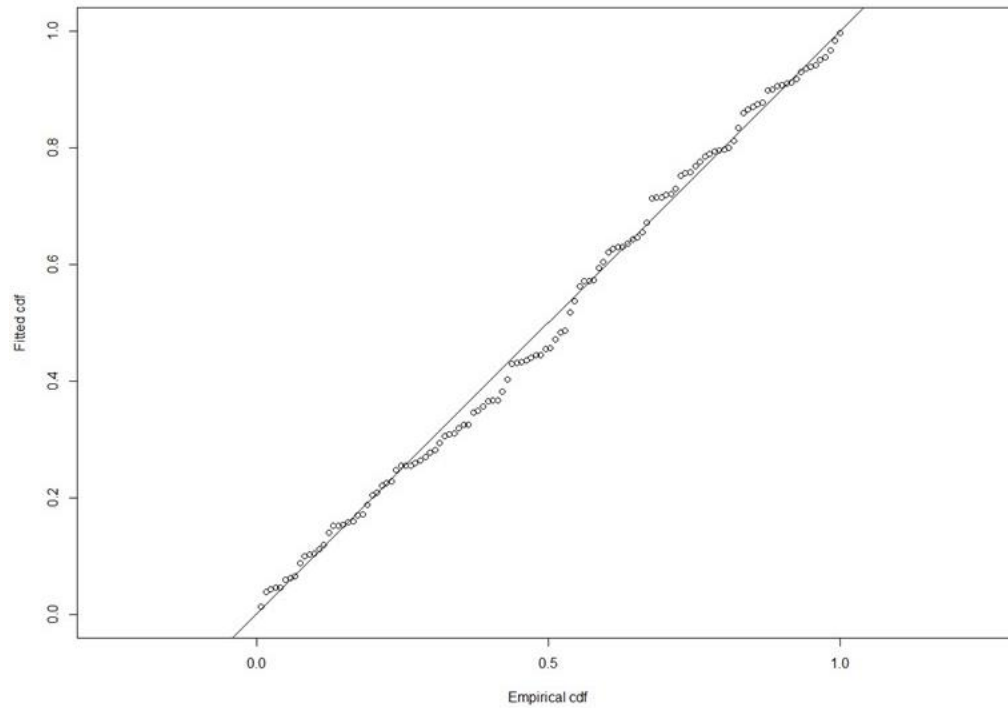


Figura 24. Gráfico Q-Q de la bondad de ajuste del modelo seleccionado para la función de probabilidad de detección para el delfín común.

Anexo E.

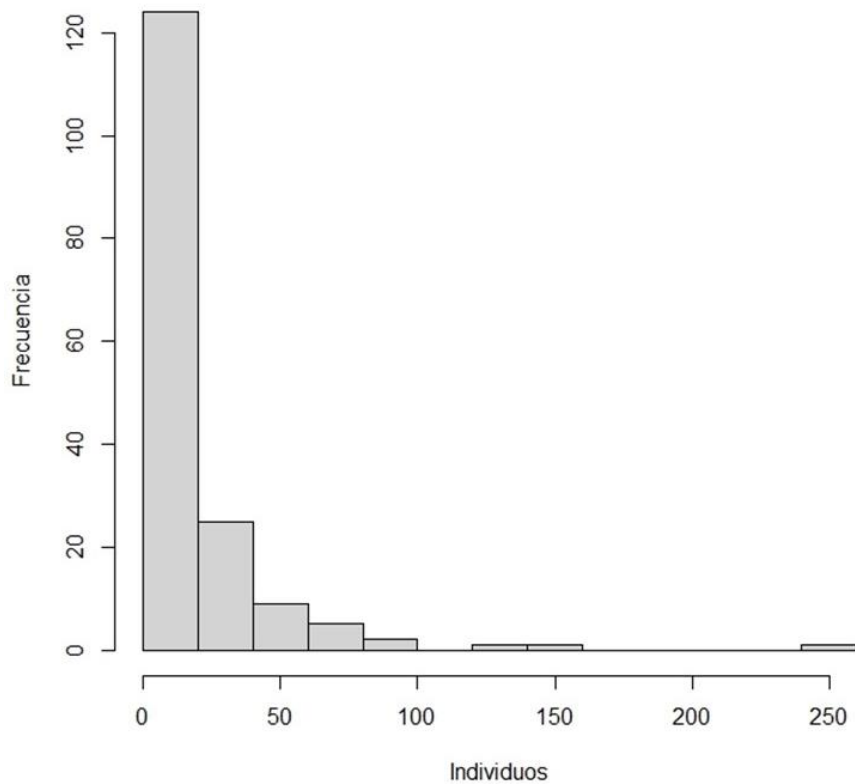


Figura 25. Distribución de los tamaños de grupo del tursiön.

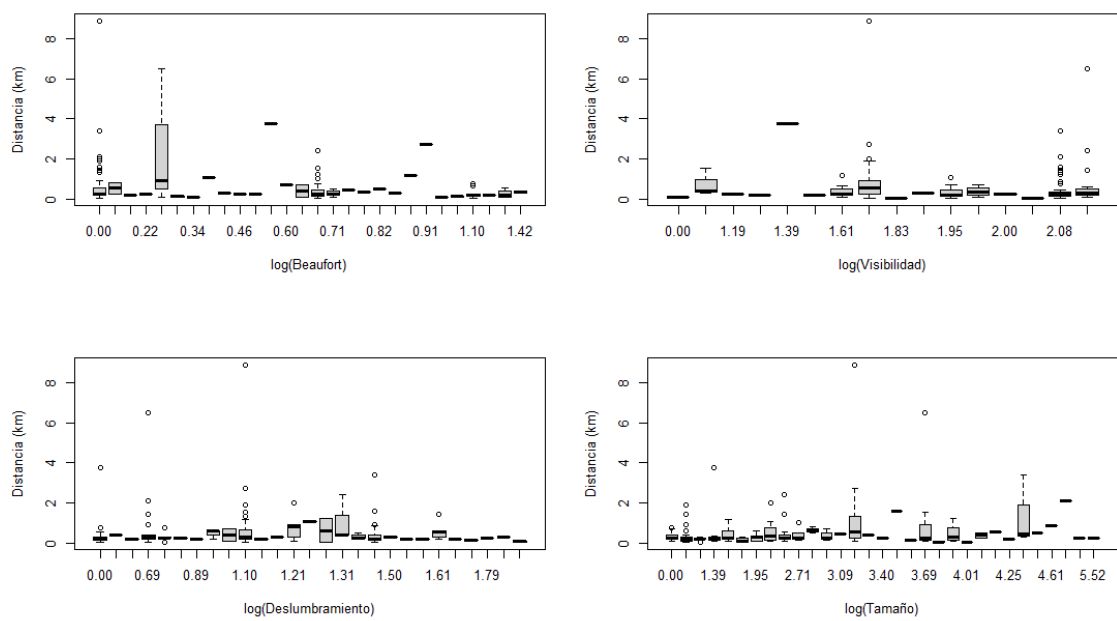


Figura 26. Distribución de las covariables utilizadas para la fabricación de los modelos con respecto a la distancia, para los grupos del tursiön.

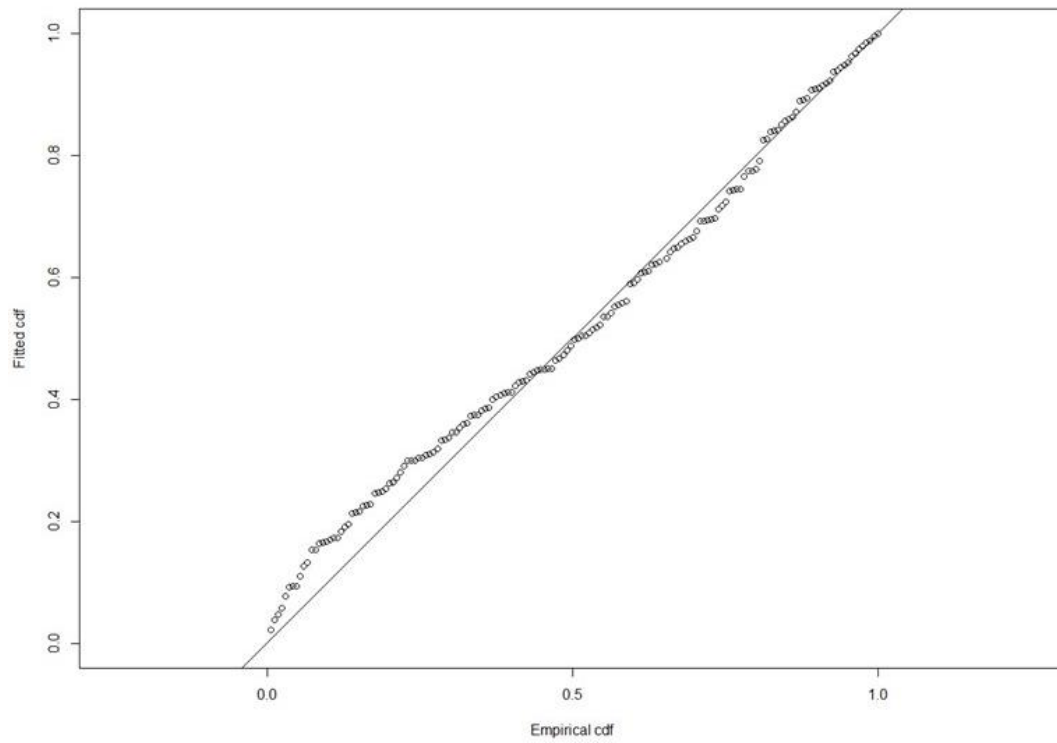


Figura 27. Gráfico Q-Q de la bondad de ajuste del modelo seleccionado para la función de probabilidad de detección para el tursión.