ESTUDIOS Y DOCUMENTOS

INFORME FINAL

FIPA N° 2019-13

Estudio piloto de marcaje y recaptura para conocer patrones de migración y distribución espacial de los recursos raya volantín (*Zearaja chilensis*) y raya espinosa (*Dipturus trachyderma*)



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y GEOGRAFÍA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR
VALPARAÍSO – CHILE





Título Estudio piloto de marcaje y recaptura para conocer patrones de

migración y distribución espacial de los recursos raya volantín

(Zearaja chilensis) y raya espinosa (Dipturus trachyderma)

Requirente Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura

Contraparte Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Facultad de Ciencias del Mar y Geografía

Unidad ejecutora Escuela de Ciencias del Mar

Avenida Universidad 330

Curauma

Valparaíso

Jefe de proyecto Dante Queirolo Palma

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Fono: 56-32-2274264

E-mail: dante.queirolo@pucv.cl

Queirolo, D., P. Apablaza, M. Ahumada & R. Wiff. 2022. Estudio piloto de marcaje y recaptura para conocer patrones de migración y distribución espacial de los recursos raya volantín (*Zearaja chilensis*) y raya espinosa (*Dipturus trachyderma*). Informe Final. Proyecto FIPA N° 2019-13. 108 pp.

RESUMEN EJECUTIVO

El Informe Final del proyecto da cuenta de las actividades realizadas y los resultados obtenidos durante la ejecución del presente estudio. En el objetivo específico 1 se realizó una exhaustiva revisión de los antecedentes nacionales e internacionales respecto al marcaje de rayas, con particular énfasis en especies de la familia Rajidae. Se identificaron tres métodos principales de marcaje, correspondientes a etiquetas externas convencionales, transmisores acústicos y transmisores satelitales. La gran mayoría de los estudios de marcaje en rayas está orientado a estudios de distribución, migración y conectividad, y cada método de marcaje posee ventajas y desventajas para alcanzar dicho propósito.

Tomando en consideración la experiencia empírica de pescadores de diversas zonas, y las bondades propias de cada método, se diseñó una experiencia piloto de marcaje en el objetivo específico 2. Dicho piloto se llevó a cabo en dos localidades, correspondientes al sector de Bahía Mansa y Hualaihué-Comau, ambos en la región de Los Lagos. El primer lugar corresponde a una zona de aguas exteriores, mientras que el segundo a una de agua interiores.

En el sector de Bahía Mansa se marcaron cuatro ejemplares de raya volantín, usándose tanto discos Petersen como transmisores satelitales. Todos los transmisores emergieron a superficie y enviaron sus datos vía comunicación satelital. Dos emergieron en el tiempo programado (60 días) y dos emergieron antes de tiempo (39 y 41 días). La distancia desde el punto de liberación de las rayas hasta el punto en que emergió la marca a superficie fluctuó entre 6,75 y 19,72 km.

En el sector de Hualaihué-Comau se marcaron 46 ejemplares con discos Petersen (37 raya volantín y 9 raya espinosa). Tres de estos ejemplares fueron recapturados por pescadores e informados al equipo de trabajo mediante llamado telefónico. En esta localidad también se marcaron 17 ejemplares con transmisores acústicos y se instalaron tres receptores acústicos para registrar el paso de los peces marcados en un radio aproximado de 500 m en torno a cada receptor. Un receptor no fue recuperado, y otro no registró el paso de ninguna raya. Solo un receptor registró el paso de cinco ejemplares en algún momento mientras permaneció fondeado durante aproximadamente dos meses. La distancia lineal recorrida por estos peces fluctuó entre 5,93 y 18,72 km entre el punto de liberación y la ubicación del receptor.

En este último sector también fueron marcados seis ejemplares de rayas (tres de cada especie) con transmisores satelitales, los cuales emergieron a los 60 días conforme a lo programado. Los registros de profundidad, temperatura y variación de luminosidad dan cuenta que todos los ejemplares con transmisores satelitales sobrevivieron al proceso, y mostraron cambios en su distribución vertical durante este período. La distancia entre el punto de liberación y el lugar en que emergió el trasmisor a superficie fluctuó entre 0,84 y 35,95 km.

En conformidad a lo establecido en la literatura internacional, se demostró en este estudio piloto que todos los métodos de marcaje permiten obtener información acerca de migraciones y distribución de rayas, sin embargo, la efectividad fue significativamente más alta usando transmisores satelitales del tipo sPAT-355 de Wildlife Computers. Dado el contexto de la pesquería de rayas en Chile, donde no existe un período permanente de apertura de la actividad, con cuotas y períodos de pesca altamente variables y con una flota extractiva que no dedica esfuerzo de manera continua sobre estos recursos, es altamente aconsejable usar métodos de obtención de información migratoria y de distribución que sean independientes de la pesquería, ratificando entonces que el uso de transmisores satelitales es la alternativa idónea por la cobertura espacial que permite.

Los términos técnicos de referencia requeridos en el objetivo específico 3 fueron elaborados sobre la base de este método de marcaje, considerando un tamaño de muestra razonable (34 transmisores satelitales) para un presupuesto indicativo de MM\$200. De este modo, y en base a una focalización del esfuerzo de muestreo sobre raya volantín por ser la especie principal de la pesquería, sería posible avanzar en el conocimiento respecto del nivel de filopatría de las hembras adultas y de las migraciones de los juveniles como énfasis principales para proponer un modelo conceptual de distribución espacial y migraciones de esta especie.

ABSTRACT

The Final Report of the project reports on the activities carried out and the results obtained during the execution of this study. In specific objective 1, an exhaustive review of the national and international background on the tagging of rays and skates was carried out, with particular emphasis on species of the Rajidae family. Three main tagging methods were identified, corresponding to conventional external tags, acoustic transmitters and satellite transmitters. The majority of tagging studies in rays are oriented to distribution, migration and connectivity, and each tagging method has advantages and disadvantages to achieve this purpose.

Taking into consideration the empirical experience of fishermen from different areas, and the advantages of each method, a pilot tagging experience was designed in specific objective 2. This pilot was carried out in two locations, corresponding to the Bahía Mansa and Hualaihué-Comau sectors, both in the Los Lagos region.

In the Bahía Mansa sector, four individuals of yellownose skate were tagged, using both Petersen discs and satellite transmitters. All transmitters surfaced and sent their data via satellite communication. Two surfaced on schedule (60 days) and two surfaced early (39 and 41 days). The distance from the release point of the rays to the point where the tag emerged at the surface ranged from 6.75 to 19.72 km.

In the Hualaihué-Comau sector, 46 specimens were tagged with Petersen discs (37 yellownose and 9 roughskin skate). Three of these specimens were recaptured by fishermen and reported to the work team by phone. At this location, 17 fish were also tagged with acoustic transmitters and three acoustic receivers were installed to record the passage of the tagged fish in a radius of approximately 500 m around each receiver. One receiver was not recovered, and another did not record the passage of any skates. Only one receiver recorded the passage of five individuals at some point while at anchor for approximately two months. The linear distance traveled by these fish ranged from 5.93 to 18.72 km between the release point and the receiver location.

Six skates (three of each species) were also tagged with satellite transmitters in Hualaihué-Comau sector, which emerged after 60 days as programmed. The records of depth, temperature and light variation show that all specimens with satellite transmitters survived the tagging process, and showed changes in their vertical distribution during this period. The distance between the release point and the place where the transmitter emerged to the surface ranged from 0.84 to 35.95 km.

In accordance with international literature, it was demonstrated in this pilot study that all tagging methods allow obtaining information about migrations and distribution of skates, however, the effectiveness was significantly higher using Wildlife Computers sPAT-355 satellite transmitters.

Given the context of the ray fishery in Chile, where there is no permanent period of opening of the activity, with highly variable quotas and fishing periods and with an extractive fleet that does not dedicate continuous effort to these resources, it is highly advisable to use methods for obtaining migratory and distribution information that are independent of the fishery, thus ratifying that the use of satellite transmitters is the ideal alternative due to the spatial coverage that it allows.

The technical terms of reference required in specific objective 3 were elaborated based on this tagging method, considering a reasonable sample size (34 satellite transmitters) for an indicative budget of MM\$200. In this way, and based on focusing the sampling effort on the yellownose skate as the main species of the fishery, it would be possible to advance in the knowledge regarding the level of philopatry of the adult females and the migrations of the juveniles as main emphasis to propose a conceptual model of spatial distribution and migrations of this species.

INDICE GENERAL

RES	SUMEN EJECUTIVO	iii
ABS	STRACT	v
IND	DICE GENERAL	vii
IND	DICE DE TABLAS	ix
IND	DICE DE FIGURAS	ix
IND	DICE DE ANEXOS	xiv
I.	ANTECEDENTES	15
D	De las especies en estudio	15
D	De los sistemas de marcaje	18
II.	OBJETIVOS	21
C	Objetivo general	21
C	Objetivos específicos	21
III.	METODOLOGÍA	22
Obj	jetivo Específico 1	22
Objetivo Específico 2		
Obj	jetivo Específico 3	27
IV.	RESULTADOS	29
Obj	jetivo Específico 1	29
1	l.1. Tipos de etiquetas disponibles para marcaje de peces	29
	1.1.1. Etiquetas externas convencionales	30
	1.1.2. Transmisores acústicos (activos-pasivos)	31
	1.1.3. Transmisores satelitales (pop-up satellite archival tag- PSAT)	34
1	L.2. Marcajes empleados en diversas especies de rayas	39
	1.2.1. Etiquetas externas convencionales	44
	1.2.2. Transmisores acústicos	46
	1.2.3. Transmisores satelitales	47
Obj	jetivo Específico 2	49

2.1.	Información biológico-pesquera de raya volantín y raya espinosa	. 49
2	.1.1. Información biológico-pesquera	49
2	.1.2. Antecedentes obtenidos a partir de estudios de marcaje	52
2.2.	Conocimiento empírico de pescadores	. 53
2	.2.1. Levantamiento del conocimiento empírico de pescadores artesanales	53
2	.2.2. Zonas identificadas y sus características	55
2	.2.3. Otros hechos destacables	. 66
2.3.	Síntesis de antecedentes de comportamiento y migraciones	. 66
2.4.	Selección de zonas y métodos de marcaje	. 67
2	.4.1. Etiquetas externas convencionales	. 67
2	.4.2. Transmisores acústicos	. 68
2	.4.3. Transmisores satelitales (PSAT)	. 69
2	.4.4. Plan de marcaje y recaptura propuesto para el estudio piloto	. 70
2.5.	Procedimientos de captura, marcaje y liberación	. 72
2.6.	Resultados del marcaje con etiquetas convencionales	. 77
2.7.	Resultados del marcaje con transmisores acústicos	. 78
2.8.	Resultados del marcaje con transmisores satelitales	. 81
2	.8.1. Bahía Mansa	. 81
2	.8.2. Hualaihué	. 84
Objeti	vo Específico 3	. 89
3.1.	Síntesis de aspectos relevantes para establecer una propuesta de programa de marcaje y	
reca	aptura	. 89
3.2.	Términos Técnicos de Referencia	
V.	ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
VI.	CONCLUSIONES	
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
VIII	ANEXOS	110

INDICE DE TABLAS

- **Tabla 1.** Relación entre peso seco del transmisor de la serie V (Vemco) y peso del pez. En este caso, el peso de la etiqueta corresponde a un 2% del peso del pez.
- **Tabla 2.** Dimensiones y peso de transmisores de la serie MAP (Lotek). Se presenta también la vida útil de los transmisores en caso de usar frecuencia de comunicación cada 90 segundos.
- **Tabla 3.** Dimensiones, peso y duración de transmisores satelitales comúnmente usados en estudios de especies marinas, según fabricante y modelo. El precio es referencial y sólo considera el valor del transmisor.
- **Tabla 4.** Dimensiones, peso y duración de transmisores satelitales comúnmente usados en estudios de especies marinas, según fabricante y modelo. El precio es referencial y sólo considera el valor del transmisor.
- **Tabla 5.** Detalle de las metodologías y requerimientos técnicos para marcaje, asociadas a cada tipo de marca.
- **Tabla 6.** Rango de distribución batimétrica y métodos de marcaje usados en diversas especies de rayas. A: acústicos, S: satelital, E: externa convencional.
- **Tabla 7.** Rango de profundidad (m), distribución y método de marcaje (E: externa convencional, A: acústicos, S: satelital) empleados en especies de la familia Rajidae a nivel mundial.
- Tabla 8. Estudios de marcaje y recaptura de rayas mediante etiquetas externas convencionales.
- Tabla 9. Estudios de marcaje de rayas mediante transmisores acústicos.
- **Tabla 10.** Fabricante y modelos de transmisores satelitales usados para estudiar comportamiento de rayas
- **Tabla 11.** Especies y tamaños de los ejemplares que han sido etiquetadas con transmisores satelitales.
- **Tabla 12.** Características principales de la flota encuestada, experiencia del pescador y duración de los viajes de pesca.
- Tabla 13. Artes y aparejos de pesca usados según cada localidad. Lred: longitud de la red.
- **Tabla 14.** Frecuencia con la que un área es identificada como zona de pesca tanto en las encuestas realizadas como por el programa de seguimiento de IFOP.
- **Tabla 15.** Características generales para la elección de zona en la utilización de marcas acústicas. RV: raya volantín. En negrilla se destaca la zona seleccionada.
- **Tabla 16.** Resumen de métodos de marcaje aplicados durante el presente estudio piloto. Entre paréntesis se indica el número etiquetas y transmisores que serán usados.
- **Tabla 17.** Tipo e identificación de la marca, especie, sexo, dimensiones y peso de los ejemplares marcados en sector de Bahía Mansa. Especie: **RV**=Raya Volantín; **RE**=Raya Espinosa; Tipo marca: **D**=Disco; **S**=Satelital; **A**=Acústica; Sexo: **1**=Macho, **2**=Hembra; **LT**: Longitud Total; **AD**: Ancho del disco.
- Tabla 18. Tipo e identificación de la marca, especie, sexo, dimensiones y peso de los ejemplares marcados en sector de Hualaihué. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Tipo marca:
 D=Disco; S=Satelital; A=Acústica; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra; LT: Longitud Total; AD: Ancho del disco.

- Tabla 19. Ejemplares marcados con etiquetas tipo disco Petersen recuperados en el sector de Hualaihué. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Tipo marca: D=Disco; S=Satelital; A=Acústica; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra. TPL: Tiempo post liberación. DL: distancia desde el punto de liberación.
- **Tabla 20.** Cantidad de registros obtenidos por el receptor acústico R03 (SN:136777) en el sector de Hualaihué entre el 8 de septiembre y el 19 de octubre de 2021.
- **Tabla 21.** Ejemplares marcados con transmisores acústicos en el sector de Hualaihué. Se indican datos de la liberación y de la recaptura. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra. TPL: Tiempo post liberación. DL: distancia desde el punto de liberación.
- **Tabla 22.** Ejemplares marcados con transmisores satelitales en el sector de Bahía Mansa. Se indican datos de la liberación y de la recaptura. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra. TPL: Tiempo post liberación. DL: distancia desde el punto de liberación.
- **Tabla 23.** Ejemplares marcados con transmisores satelitales en el sector de Hualaihué. Se indican datos de la liberación y de la recaptura. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra. TPL: Tiempo post liberación. DL: distancia desde el punto de liberación.
- **Tabla 24.** Registro máximo y mínimo de temperatura y profundidad para cada etiqueta satelital y su variación máxima registrada durante el periodo de despliegue en Hualaihué. En paréntesis se incluye el número del disco Petersen con el que fue etiquetado el ejemplar. RE: raya espinosa; RV: raya volantín.
- **Tabla 25.** Cuadro comparativo de aspectos técnicos, tecnológicos, biológicos, estadísticos, presupuestarios y complementarios asociados a los tipos o sistemas de marcaje usados.

INDICE DE FIGURAS

- **Figura 1.** Ubicación geográfica de las localidades consideradas en el programa de marcaje de raya volantín y raya espinosa en la región de Los Lagos.
- **Figura 2.** Etiquetas utilizadas en la experiencia de marcaje de raya volantín y raya espinosa en la Región de los Lagos. a) disco Petersen, b) transmisor acústico y c) transmisor satelital.
- **Figura 3.** Embarcaciones de contrata local utilizadas en la experiencia de marcaje de raya volantín y raya espinosa en la Región de los Lagos.
- **Figura 4.** A la izquierda, diferentes tipos de etiquetas tales como pop-up de archivo satelital (a, c), pequeñas etiquetas de archivo (b), y etiquetas de plástico (d) (Modificado de NOAA). A la derecha, patrón de marcas en ejemplares de *Dipturus intermedius* (Benjamins *et al.*, 2018).
- Figura 5. Cuatro tipos de etiquetas externas usada ampliamente en organismos marinos.
- **Figura 6.** Ilustración de triangulación, que involucra tres receptores de hidrófonos de ubicación conocida (●) y un pez etiquetado que emite una señal acústica. Fuente: Skerritt *et al.* (2015).
- **Figura 7.** a) Transmisores acústico de la serie V. b) Receptor acústico (hidrófono) fijo, modelo VR2W. c) Receptor acústico móvil, modelo VR100 con hidrófonos omnidireccional y direccional
- **Figura 8.** a) Transmisores acústicos de la serie MAP. b) Receptor acústico (hidrófono) fijo, modelo WHS3250. c) Receptor acústico móvil AcouTrack para dos hidrófonos
- **Figura 9**. Ilustración que representa el rastreo de un pez mediante el uso de un transmisor satelital emergente (PSAT). Según los datos almacenados, las rutas de migración de los peces se pueden calcular en retrospectiva (Fuente: Thorstad *et al.*, 2013).
- **Figura 10.** Evolución del uso de métodos de marcaje en rayas entre 1930 y 2019. Los números indican el porcentaje de trabajos en cada período según método usado.
- **Figura 11** Número de estudios realizados en rayas de distribución hasta 200 m de profundidad (a) y mayor a 200 m (b) según método de marcaje utilizado.
- Figura 12. Objetivos declarados en estudios de marcaje en rayas.
- **Figura 13.** Ejemplares de rayas *Amblyraja radiata* (abajo) y *Dipturus batis* (arriba) con etiquetas satelitales del tipo pop-up.
- **Figura 14.** Distribución de raya volantín (*Zearaja chilensis*) (izquierda) y raya espinosa (*Dipturus trachyderma*) (derecha) en Sudamérica. Modificado de Vargas-Caro *et al.* (2015).
- **Figura 15.** Áreas de pesca de raya volantín y raya espinosa entre 1997 y 2018. (Fuente: Programa de seguimiento IFOP).
- **Figura 16.** Principales puertos de desembarque para el Norte de la Unidad Pesquería (NUP), la Unidad de Pesquería (UP) y el Sur de la Unidad de Pesquería (SUP) (Fuente: Pérez *et al.*, 2017).
- **Figura 17.** Distribución de la operación de pesca por rangos de profundidad según datos proporcionados por los pescadores encuestados.
- **Figura 18.** Caladeros de pesca de raya en la región del Biobío. En rojo, ubicación de lances identificados por IFOP entre 1997 y 2018. En negro, lances registrados por SP Consultores (2012). El óvalo azul indica el área delimitada como zona de pesca por pescadores de Lebu (entrevistas).

- **Figura 19**. Área de estudio y subdivisiones de los sectores de operación de lanchas y botes encuestados.
- **Figura 20.** Distribución de las zonas de pesca artesanal de raya en aguas interiores según Céspedes *et al.* (2005) (FIPA N° 2003-12).
- **Figura 21**. Arriba: En azul área de operación correspondiente al polígono 2, Golfo de Ancud, Fiordo Comau, Estero Quintupeu y Estero Riñihue. Los puntos negros corresponden a caladeros provenientes del programa de seguimiento de IFOP y las líneas rojas al interior del polígono azul corresponden a los sectores identificados por los encuestados. Abajo: detalle del área.
- **Figura 22.** En azul área de operación correspondiente al polígono 3 archipiélago de Achao, los puntos negros corresponden a caladeros provenientes del PS-IFOP. Abajo: detalle del área.
- **Figura 23.** A la izquierda en azul área de operación correspondiente al polígono 4, centro del mar interior de Chiloé. A la derecha, los puntos negros corresponden a caladeros provenientes del programa de seguimiento de IFOP.
- **Figura 24.** En azul área de operación correspondiente al polígono 1, 5 y 6. Seno de Reloncaví, Boca del Guafo/Golfo Corcovado y Mar exterior de Chiloé.
- **Figura 25.** En azul, el área de operación correspondiente al polígono de Bahía Mansa (7). Los óvalos negros, corresponde a la información levantada a través de las encuestas, los puntos rojos corresponden a la información proveniente del programa de seguimiento (1997-2019) y los puntos azules a caladeros identificados por Lamilla *et al.* (2011).
- **Figura 26.** Ubicación de los caladeros de pesca de raya volantín y raya espinosa en la región de Aysén. Los puntos corresponden a caladeros provenientes del programa de seguimiento de IFOP (1997-2019).
- **Figura 27.** A la izquierda, topografía submarina del canal Moraleda y canales adyacentes, a la derecha principales depresiones submarinas en azul oscuro las longitudinales y oblicuas en azul claro. Fuente: Rodrigo (2008).
- **Figura 28.** Registro de información biológica y proceso de marcaje, desinfección y liberación de ejemplares. a) Registro de longitud total (LT), b) registro del ancho del disco (AD), c) registro del peso total, d) adosado de la etiqueta, e) aplicación de antibiótico y f) liberación.
- **Figura 29.** Ubicación geográfica en la que se realizó la liberación de los ejemplares marcados, agosto 23 de 2021. **Zona:** Bahía Mansa.
- **Figura 30.** Ubicación en la que se realizó la liberación de los ejemplares marcados, agosto 29 y 31 de 2021. Zona: Sur de Hualaihué, Paso Comau. Los puntos rojos corresponden a las ubicaciones donde fueron liberados los ejemplares marcados. Los números son coincidentes con el número de la etiqueta de disco Petersen utilizada. Los puntos amarillos corresponden a la ubicación en los que fueron anclados los receptores acústicos.
- **Figura 31.** En rojo, ubicación en la cual se realizó la liberación de los ejemplares N°13 y N°34. En amarillo se indica la ubicación en la que fueron recapturadas ambas rayas según lo informado por pescadores artesanales.
- **Figura 32.** Ubicación geográfica del punto de liberación de las rayas detectadas por el sistema de receptores acústico (R3). El círculo rojo entorno al punto de anclaje de los receptores, corresponde al radio máximo de detección de los mismos.

- **Figura 33.** Puntos rojos, ubicación en la que se liberó a los ejemplares N°00 al N°03, la chincheta amarilla indica ubicación en la que emerge la etiqueta satelital y círculos rojos corresponden a la distancia mínima y máxima desde el lugar de liberación, equivalente a 6,75 y 19,72 km de radio.
- **Figura 34.** Registro máximo y mínimo de temperatura (izquierda) y profundidad (derecha) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en Bahía Mansa, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.
- **Figura 35.** Variación en el nivel de luz (Deltalight), profundidad (Deltaprof) y temperatura (Deltatemp) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en Bahía Mansa, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.
- **Figura 36.** Serie de tiempo de los últimos 5 días del registro de profundidad, por día UTC, para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales utilizados en Bahía Mansa, región de Los Lagos.
- **Figura 37. Arriba:** En rojo, ubicación en la que se liberó a los ejemplares marcados con etiquetas satelitales. **Abajo:** la chincheta amarilla indica la ubicación en la que emergen las etiquetas satelitales.
- **Figura 38.** Registro máximo y mínimo de temperatura (izquierda) y profundidad (derecha) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en sector de Hualaihué, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.
- **Figura 39.** Variación en el nivel de luz (Deltalight), profundidad (Deltaprof) y temperatura (Deltatemp) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en sector Hualaihué-Comau, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.
- **Figura 40.** Serie de tiempo de los últimos 5 días del registro de profundidad, por día UTC, para las 6 etiquetas satelitales utilizadas en la comuna de Hualaihué, región de los Lagos.

INDICE DE ANEXOS

- Anexo I. Encuesta usada para el levantamiento de datos de pescadores artesanales
- Anexo II. Personal participante por actividad
- Anexo III. Participantes en taller de difusión de resultados

I. ANTECEDENTES

De las especies en estudio

Las rayas de la familia Rajidae habitan principalmente ambientes marinos desde la zona sublitoral hasta 3.000 m de profundidad. Conforman el grupo más diverso de los batoideos, con aproximadamente 27 géneros y 245 especies en todo el mundo (Ebert & Compagno, 2007). De los 27 géneros que comprende la familia Rajidae (McEachran & Miyake, 1990), cinco se encuentran presentes en Mar Chileno (Lamilla *et al.*, 2010), *Amblyraja*, *Dipturus*, *Gurgesiella*, *Rajella y Zearaja* (Vargas-Caro, 2010).

La raya volantín (*Zearaja chilensis*) se encuentra tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico, así como también alrededor de las islas Malvinas (Koen *et al.*, 2001; García de la Rosa *et al.*, 2000; Lucifora *et al.*, 2000, Agnew *et al.*, 2000), mientras que de las 8 especies del género *Dipturus* existentes en las aguas de Sudamérica, solo raya espinosa (*Dipturus trachyderma*) se encuentra tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico (Vargas-Caro *et al.* 2015), siendo una especie endémica de la plataforma y talud continental del sur de Chile y Argentina (Bustamante *et al.*, 2012). A diferencia de lo observado en el Atlántico, estas especies no han sido reportadas alrededor de islas oceánicas del sureste del Pacífico, aunque las áreas han sido prospectadas (Andrade & Pequeño, 2008).

Según Vargas-Caro et al. (2015), Z. chilensis y D. trachyderma tendrían una distribución latitudinal similar en Chile. Z. chilensis se registra en aguas templadas-frías entre los 32°S y los 56°S y existen registros dudosos al norte de Quintero, mientras que la presencia de D. trachyderma se documentó a partir de especímenes recolectados en el centro y sur de Chile, para posteriormente incluir registros en aguas de la Patagonia y el sur austral de Chile, similar a lo observado en Z. chilensis (Vargas-Caro et al., 2015). Sin embargo, Bustamante et al. (2014), considera que es necesario confirmar los limites latitudinales de ambas especies, dado que este rango puede estar sesgado considerando que la mayoría de los registros provienen de la pesquería de palangre demersal que opera en ese rango latitudinal.

Ambas especies de rayas (raya volantín *Zearaja chilensis* y raya espinosa *Dipturus trachyderma*) son las especies de elasmobranquios más capturadas en Chile, y ambas presentan una importante distribución en el cono sur de América (Pérez *et al.*, 2017). No obstante, considerando la amplia distribución de ambos recursos, hasta el año 2003 las medidas de regulación para *Z. chilensis* fueron aplicadas sólo en la Unidad de Pesquería entre los 36°44′S y 41°28′S, dejando la zona austral (41°28′S - 55°13′S) sin una apropiada regulación del esfuerzo. En cuanto a *D. trachyderma*, esta especie no cuenta con una evaluación de stock, ya que es mencionada en los anuarios estadísticos solo a partir del año 2004, debido a problemas en la identificación de la especie. En cuanto a la evaluación de stock, uno de los principales problemas para el diagnóstico, es la escasa disponibilidad de series históricas de rendimiento de pesca y datos independientes de la

pesquería, que permitan cuantificar variaciones y tendencias en los niveles de abundancia. Además, se cuenta con datos de parámetros de historia de vida, como es el crecimiento, madurez, fecundidad y niveles de vulnerabilidad a la explotación para el caso de *Z. chilensis* (Céspedes *et al.*, 2005; Quiroz, 2006, Licandeo *et al.*, 2006 y Quiroz *et al.*, 2007).

Algunos reportes técnicos han publicado los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (vB) (Bahamonde *et al.*, 1996; Gili *et al.*, 1999), los que fueron estimados a través de lecturas de edad utilizando el conteo de anillos de calcio depositados en vértebras dorsales. Licandeo *et al.* (2006), entregan estos parámetros para *Z. chilensis* y Licandeo *et al.* (2007) para *D. trachyderma*, usando un tamaño de muestra adecuado y en un amplio rango de tallas de ejemplares capturados. Además, Licandeo & Cerna (2007) entregan la estimación de los parámetros de crecimiento y reproductivos más recientes para *Z. chilensis* en la X, XII y X-XII regiones.

De acuerdo a la experiencia internacional, se sabe que las rayas son especies que se caracterizan por presentar filopatría, es decir una marcada tendencia a permanecer en el mismo territorio en el que nacieron, una tardía madurez sexual, relativamente baja fecundidad y largo ciclo de vida, condiciones que convierten a este grupo especialmente sensible a la explotación pesquera (Walker *et al.*, 1997, Dulvy *et al.*, 2000; Frisk *et al.*, 2001; Dulvy & Reynolds, 2002, Vargas-Caro *et al.*, 2015), lo cual debe ser confirmado para las especies en estudio.

Debido a lo anterior, se ha sugerido que las rayas son vulnerables al colapso del stock, incluso cuando están sujetos a bajos niveles de presión de pesca (Agnew *et al.* 2000), registrándose grandes descensos de población e incluso extinciones locales, tal es el caso de especies como la raya común *Dipturus batis* (Linnaeus, 1758), raya barndoor *D. laevis* (Mitchill, 1818), raya blanca *Rostroraja alba* (Lacepède, 1803), raya espinosa *Raja clavata* (Linnaeus, 1758), raya lisa *D. innominatus* (Garrick & Paul, 1974) y la raya de nariz larga *D. oxyrinchus* (Linnaeus, 1758), las que se encuentran entre los mejores ejemplos documentados de extinciones locales en peces cartilaginosos como resultado de actividades pesqueras (Casey & Myers 1998; Francis *et al.*, 2001; Dulvy *et al.*, 2008; Dulvy & Forrest, 2010).

En Chile, la pesquería de *Z. chilensis* se desarrolla desde mediados de los 1970, como fauna acompañante de la flota industrial espinelera, sin presentar un desarrollo consolidado hasta la mitad de la década de los noventa, cuando despierta interés extractivo debido a un aumento en la demanda proveniente de mercados asiáticos, principalmente Corea del Sur (Pérez *et al.*, 2017). *Z. chilensis* es capturada en Chile, no solo como especie objetivo sino también una especie objetivo secundaria en teleósteos y tiburones, en la pesquería de congrio dorado *Genypterus blacodes*, tollo de cachos *Squalus acanthias* (Linnaeus, 1758), merluza común *Merluccius gayi* (Guichenot 1848), lenguado *Paralichthys microps* (Günther 1881), corvina *Cilus gilberti* (Abbott 1899) y congrio negro *Genypterus maculatus* (Tschudi 1846) (Lamilla *et al.*, 2008, 2010; Bustamante *et al.*, 2012). Sin embargo, *D. trachyderma* sólo se captura como especie objetivo secundaria en la pesquería de raya

volantín y congrio dorado, aunque en proporciones bajas (< 25% por viaje de pesca) (Lamilla *et al.*, 2016).

En 1996 se constituye la Unidad de Pesquería (UP) entre el límite norte de la VIII Región y 41°28,6′S (Lamilla *et al.*, 2012). Además, se distingue el área Norte a la Unidad de Pesquería (NUP) que comprende el área marina desde la región de Coquimbo a la región del Maule y el área al Sur de la Unidad de Pesquería (SUP) que es toda el área comprendida entre los 41°28′S y el límite de la región de Magallanes, que es la más importante en términos de volumen de captura a nivel nacional (Pérez *et al.*, 2017). En el 2000, ocurre un cambio en las condiciones del mercado de destino lo cual tuvo como consecuencia un incremento en el interés de la flota artesanal aumentando su protagonismo. Esta flota concentró sus esfuerzos entre la VIII y XII región, alcanzando desembarques de casi 4 mil toneladas en el año 2003 en la zona sur del país. Desde el año 2003 los desembarques disminuyen abruptamente hasta alcanzar las 430 toneladas en la UP y las 100 toneladas en la SUP durante 2013. Entre 2013 y 2015 la Autoridad Pesquera impuso veda, la que comprendía el área marítima entre el paralelo 41°28,6′ L.S. y el límite sur de la XII región desde el 26 de enero del año 2013 al 31 de diciembre de 2015. A su vez, para el área comprendida entre el límite norte de la IV región y el paralelo 41°28.6′ L.S. la veda se estableció desde el 16 de enero de 2014 al 30 de noviembre de 2015 (Pérez *et al.*, 2017).

Para el año 2016, la cuota de captura de *Z. chilensis* fue de 159 toneladas para la UP y 104 toneladas para la SUP. Para *D. trachyderma* la cuota fue de 30 toneladas para la UP y 20 toneladas para la SUP. Según los reportes de SERNAPESCA, y debido a que la cuota fue muy baja, el límite de pesca se alcanzó a los pocos días de dar inicio a la temporada de pesca. Para el año 2017, la autoridad fijó una veda extractiva para raya volantín y raya espinosa desde el 1 de abril hasta el 30 de noviembre de 2017, en el mar territorial y la zona económica exclusiva entre la IV y XII regiones, y aguas interiores entre el paralelo 41°28,6′ y el límite sur de la XII región. Sin embargo, se otorga una cuota, en porcentaje, como fauna acompañante en las pesquerías de congrio dorado, merluza del sur y merluza común. En 2018 se establece como periodo de captura para ambos recursos en el período comprendido entre el 30 de mayo y el 15 de junio, estableciendo cuotas globales de 70 ton para *Z. chilensis* y 14 ton *D. trachyderma*, mientras que durante 2019 se establece como periodo de captura entre el 24 y 30 de septiembre (Res. Ex. N°1013-2019), para la operación de embarcaciones artesanales entre las regiones de Coquimbo y de Magallanes y La Antártica Chilena, fijándose para este año, una cuota anual de captura de 300 ton para el recurso *Z. chilensis* y 60 ton para *D. trachyderma* (D.Ex. N°163-2019).

En cuanto a los desembarques al considerar la captura de raya volantín y raya espinosa por separado, desde el año 2004 a 2017, se observa que raya espinosa representa una fracción menor de las capturas. El porcentaje máximo de raya espinosa en la captura total es de 6,3% y se observa en el año 2016. Cabe destacar que la captura de raya espinosa comienza a ser declarada una vez que la cuota de raya volantín se completa, por lo tanto, es posible que estos porcentajes no reflejen la realidad en los desembarques (Pérez et al., 2017). El análisis de la estructura de talla de captura

reportada por Bustamante *et al.* (2012) y del análisis de realizado por Pérez *et al.* (2017) de los datos de seguimiento de IFOP entre 1999 y 2016, evidencia una pesquería altamente sesgada hacia las rayas de tamaño medio.

Por otra parte, Quiroz *et al.* (2009) registra importantes cambios en la estructura de tallas de la captura de *Z. chilensis* en Valdivia (39,4° S a 40,5° S) en comparación con la captura notificada de las zonas de pesca australes, como lo son la Isla de Chiloé (41,5° S a 43,5° S), Canal Moraleda (43,8° S a 45,9° S) y el canal de Castro-Magallanes (51,0° S a 54,0° S. En el caso de las hembras, los ejemplares maduros representan solo el 8 al 10% de las capturas totales en el norte de la distribución (Valdivia, Isla de Chiloé y el Canal Moraleda), pero cerca del 50% en las zonas más al sur. Este patrón se repite para los machos, con cerca del 75% de individuos maduros en la captura total, en la zona de Canal Castro-Magallanes en comparación con aproximadamente el 14% en la zona de Valdivia.

Según Lamilla *et al.* (2016), si la composición de la captura en las zonas de pesca australes representa una situación relativamente natural, entonces la estructura de tallas de las capturas en las zonas de pesca en la zona de Valdivia podría correr el riesgo de un colapso pesquero si se mantienen los niveles de explotación.

La explotación sostenible de los recursos requiere estrategias de manejo basadas en un conocimiento integral de la biología y la ecología de los stocks biológicos, especialmente para recursos como *Z. chilensis* y *D. trachyderma* que tienen patrones intrínsecos de historia de vida que los hacen altamente susceptibles a la sobreexplotación comercial (Vargas-Caro *et al.*, 2015). Lo anterior ha llevado a incorporar nuevas metodologías de trabajo, que permitan establecer conocimiento básico e integral de la historia de vida de estos recursos, entre ellos planes de marcaje, los cuales han sido incorporado con éxito en otras especies en Chile, principalmente tiburones y pez espada.

De los sistemas de marcaje

Con el desarrollo de nuevas tecnologías, como la telemetría satelital, por ejemplo, los investigadores tienen una nueva y poderosa herramienta para obtener información al estudiar especies en vivo y en directo. Esto provee datos valiosos del estado de salud, desplazamiento y reproducción de los peces cartilaginosos (Programa de Conservación de Tiburones). En el caso de *Z. chilensis* y *D. trachyderma*, el uso de tecnologías satelitales está limitada a dispositivos tipo "popup" dado sus hábitos más bien bentónicos. Dichos dispositivos corresponden a sistemas que se desprenden del pez en un tiempo predeterminado, llegando a superficie, donde puede ser detectado por el satélite y transmitir la información colectada. Este dispositivo ha sido utilizado con éxito en otras especies como la raya de Alaska *Beringraja binoculata* por Farrugia *et al.* (2016) y en el halibut del Pacifico *Hippoglossus stenolepis* (Seitz *et al.*, 2003; Loher & Seitz, 2006).

En Chile, Lamilla *et al.*, 2010, 2011, utilizaron métodos de marcaje más tradicionales con etiquetas del tipo Dart Tag, compuestas por un dardo de acero quirúrgico y un filamento de polietileno de color amarillo numerado. En dicha experiencia se logra la recaptura exitosa de dos ejemplares marcados en lapsus de tiempo de uno y ocho meses dentro de la misma zona de pesca, describiendo desplazamientos no mayores a 4 millas náuticas.

Más recientemente (Lamilla *et al.*, 2016; Vargas-Caro *et al.*, 2017) incorporaron técnicas genéticas en el estudio de poblaciones de ambas especies, estableciendo que, en el sur de Chile, en cinco locaciones ubicadas entre San Antonio y Punta Arenas, *Z. chilensis*, muestra diferencias significativas entre las locaciones ubicadas fuera de la costa (San Antonio y Valdivia) y Punta Arenas con aquellas locaciones ubicadas en canales interiores (Aysén) y Puerto Montt. Según estos autores, esto plantea preocupación sobre la supervivencia a largo plazo de *Z. chilensis* dentro del mar interior, ya que la resiliencia de la población dependerá casi exclusivamente del auto reclutamiento.

Por otra parte, los avances tecnológicos han permitido la observación remota casi continua de especies marinas después de la captura inicial. Etiquetas con almacenamiento de datos que recopilan y almacenan datos ambientales de hasta varios años se han adosado con éxito a diversos animales (Davis & Gunn, 1992; Block *et al.*, 2001), y han proporcionado nuevas ideas sobre el comportamiento animal. Sin embargo, su aplicación a corto plazo está restringida por el requisito de recuperación para descargar los datos. Requisitos a menudo son difíciles de cumplir cuando se monitorean animales como crustáceos que despojan estacionalmente su exoesqueleto (Moland *et al.*, 2011b), o en el caso de animales que presentan hábitos bentónicos con bajas tasas de recaptura como las rayas. Una solución que utiliza tecnología acústica se desarrolló en la década de 1950, pero no se implementó en estudios de vida silvestre hasta más tarde (Trefethen, 1956; Trefethen *et al.*, 1957).

Dicha tecnología emplea dispositivos emisores de sonido conectados a animales individuales, similar a dispositivos de seguimiento de radio comúnmente utilizados. Sin embargo, a diferencia de las señales de radio que son rápidamente absorbidas en el medio marino, las señales acústicas se propagan lejos y a una mayor velocidad, por lo tanto, abre el medio marino a la telemetría acústica (TA).

La necesidad de una mejor comprensión de los procesos espaciales, es una fuerza impulsora clave detrás del desarrollo y mejora de estas tecnologías (Espinoza *et al.*, 2011). Avances, como la miniaturización y el aumento de la duración de la batería de las etiquetas ha dado como resultado sistemas más eficientes (Baggeroer, 1984; Kilfoyle & Baggeroer, 2000) capaces de recopilar información posicional, fisiológica y ambiental más fina y en mayores extensiones espaciales y temporales (Voegeli *et al.*, 2001; Hanson *et al.*, 2007; Andrews *et al.*, 2011). La utilidad de los datos de TA es evidente al revisar como el número de publicaciones científicas que emplean esta tecnología ha aumentado rápidamente a más de 2000 artículos en la última década.

La flexibilidad de la TA moderna hace posible una amplia variedad de aplicaciones, pero también significa que no se puede aplicar un enfoque único a todos los estudios. Por lo tanto, cada implementación debe ser adaptado a la pregunta que se plantea, el entorno en el que se va a establecer y la naturaleza de los animales estudiados. Las metas y objetivos claros son esenciales desde el principio y determinará la utilidad de TA como una herramienta de investigación o monitoreo, así como de cualquiera de los métodos de marcaje existentes.

La aplicación de telemetría acústica en rayas es reciente y abre una interesante puerta en el estudio de especies que presentan filopatría, como parece ser el caso de *Z. chilensis* y *D. trachyderma*. Existen diversos estudios, en escalas espaciales y hábitat diferentes aplicados a rayas. En Australia, en los estuarios de Tasmania se ha utilizado la TA, evidenciando que ejemplares de *Zearaja maugeana* muestran desplazamientos pequeños acotados a un radio no mayor de 5 km, lo que ha llevado a tomar medidas precautorias para la conservación y manejo de su ecosistema (Treloar *et al.*, 2017), en otros casos y más recientemente Frisk *et al.* (2019) han creado una red acústica de más de 300 km, para establecer la primera observación de la migración de gran distancia en especies de rayas Winter Skate (*Leucoraja ocellata*).

Otros trabajos similares con telemetría acústica son los realizados por Ramsden et al. (2017) estableciendo patrones de residencia estacional de *Dasyatis sabina*, residencia y patrones de movimiento en el estuario florida, con una red de más de 40 hidrófonos en *Rhinoptera bonasus* (Collins et al., 2007), el trabajo con juveniles de rayas en estudios de "guarderías" al oeste de Australia dado el pequeño tamaño de los tag (Cerutti et al., 2014), migraciones nictimerales e interacción entre elasmobranquios en la raya gris *Dasyatis lata* en Hawai (Cartamil et al., 2003), entre otros.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una metodología de marcaje y recaptura apropiada para raya volantín y raya espinosa que permita estimaciones de parámetros de historia de vida, determinación de patrones migratorios, distribución espacial u otros parámetros de importancia para estos recursos.

Objetivos específicos

- 1. Identificar el o los tipos de marca y métodos de marcaje aplicables para los recursos raya según las experiencias existentes condrictios o especies similares.
- 2. Proponer y ejecutar un o unos diseño(s) experimental (es) de marcaje y/o recaptura que utilice las marcas o métodos de marcaje más apropiados, considerando aspectos técnicos y económicos para su posterior implementación.
- 3. Elaborar los términos técnicos de referencia (TTR) y económicos, en atención a la propuesta de mayor costo-efectividad y que no comprometa los aspectos técnicos del procedimiento

III. METODOLOGÍA

Objetivo Específico 1

Identificar el o los tipos de marca y métodos de marcaje aplicables para los recursos raya según las experiencias existentes condrictios o especies similares.

Para el desarrollo del objetivo Específico 1, se realizó una revisión de los métodos comúnmente usados en programas de marcaje de especies marinas. Se realizó una detallada revisión de antecedentes de los sistemas de marcaje, lo cual consideró entre otros aspectos el propósito u objetivo del marcaje, el uso de embarcaciones artesanales y la cantidad y calidad de la información que es posible recopilar. Si bien la cantidad de métodos de marcaje es muy amplia, este trabajo se focalizó en tres métodos conforme a lo señalado en la oferta técnica, correspondientes a:

- i) Etiquetas externas
- ii) Transmisores acústicos
- iii) Transmisores satelitales

A partir de los antecedentes recopilados de cada método, se elaboró un resumen de ventajas y desventajas de cada uno, de tal manera que sea posible discriminar acerca del método apropiado para el estudio en cuestión.

Se llevó a cabo una revisión en Scopus y Google Scholar acerca de los métodos de marcaje empleados en especies de Rajiformes, y en particular referido a la familia Rajidae a la cual pertenecen los géneros *Zearaja* y *Dipturus*.

Algunos aspectos particularmente relevantes en la revisión correspondieron a:

- Especie(s) involucradas en el estudio
- Objetivo del estudio
- Distribución y hábitos de la(s) especie(s)
- Método(s) de marcaje usados
- Motivo del marcaje
- Características de los ejemplares marcados
- Cantidad de ejemplares marcados
- Cantidad de ejemplares recapturados o detectados
- Año y zona en la que se llevó a cabo el estudio
- Duración del estudio
- Otros aspectos relevantes

Objetivo Específico 2

Proponer y ejecutar un o unos diseño(s) experimental(es) de marcaje y/o recaptura que utilice las marcas o métodos de marcaje más apropiados, considerando aspectos técnicos y económicos para su posterior implementación.

Para el desarrollo del objetivo Específico 2, la metodología desarrollada se separó en tres etapas. La primera, correspondiente a una revisión de antecedentes biológico-pesqueros de las especies en estudio, particularmente relacionado con su distribución y la actividad pesquera asociada a estas especies. En segundo lugar, se realizó un levantamiento de información a partir de encuestas y entrevistas dirigidas a pescadores artesanales. Se aplicó una encuesta estructurada (ver Anexo I) a 34 pescadores de la región de Los Lagos (Anahuac, La Vega, Dalcahue, El Manzano, Palqui, Pichi Pelluco, Tenaún y Bahía Mansa), además de entrevistas a pescadores de otras localidades. En tercer lugar, a partir de los resultados anteriores, se procedió a seleccionar los métodos de marcaje apropiados, así como las zonas en las cuales es conveniente llevar a cabo el presente estudio piloto.

La encuesta indicada anteriormente consideró:

- datos generales de la persona consultada,
- características de la embarcación (tipo, eslora, potencia, entre otras)
- artes y aparejos de pesca usados y sus características generales,
- características de la operación de pesca (zonas de pesca, duración de la marea, profundidad de operación, captura, entre otros),
- comercialización de la captura (rango de tamaños, peso o tamaño objetivos, criterios de venta, entre otras),
- cambios en las zonas de pesca y los posibles motivos asociados,
- interés de participar en programas de marcaje y recaptura, y
- capacidad para embarcar profesionales y técnicos para el marcaje de rayas.

Para facilitar el trabajo de identificación de zonas de pesca, en el momento de realizar la encuesta se presentó una carta náutica para que indiquen los caladeros visitados y la distribución conocida de las especies. A partir de esta información, se elaboraron mapas generales y particulares de cada zona identificada. Dicha información fue complementada con datos de posición de captura de rayas entre 1997 y 2018 que fue solicitada al Instituto de Fomento Pesquero, datos que cuentan con ubicación geográfica de las capturas de rayas provenientes de registros con observadores a bordo.

Durante la aplicación de la encuesta estructurada surgieron una serie de otros antecedentes asociados a marcas y recaptura de peces que se consideraron relevantes para definir un método de marcaje y las características del estudio piloto que se realizará. Si bien este estudio está dirigido al desarrollo de una metodología de marcaje y recaptura, se consideró pertinente considerar que la aplicación del estudio piloto también permitiese obtener información parcial y además relevante

para el manejo de la pesquería. Lo anterior permitió establecer una definición de métodos y zonas de marcaje, lo cual fue revisado y discutido con representantes de la Subsecretaría.

Cabe señalar que la propuesta original de marcaje consideraba la realización de actividades experimentales en tres zonas, como son Lebu, Valdivia-Bahía Mansa y Dalcahue-Achao. Del mismo modo, los tamaños de muestras para la experiencia piloto considerados en la oferta técnica corresponden a 200 etiquetas externas, 8 transmisores satelitales y 15 transmisores acústicos. Sin embargo, en la reunión técnica de planificación del proyecto, junto con representantes de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, se discutió la posibilidad de modificar estos tamaños de muestra con el propósito de reorientar recursos a los métodos de marcaje que puedan ser más informativos para el manejo de la pesquería. De este modo, se procedió a la adquisición de 50 etiquetas externas, 10 transmisores satelitales y 17 transmisores acústicos, priorizando de este modo las actividades de registro de información independientes de la pesquería.

Por disponibilidad de plataformas de trabajo en el momento y condiciones necesarias, las actividades de marcaje se llevaron a cabo en las localidades de Bahía Mansa, comuna de San Juan de la Costa, región de los Lagos y en el sector aledaño al estero Comau, comuna de Hualaihué de la misma región (Figura 1).

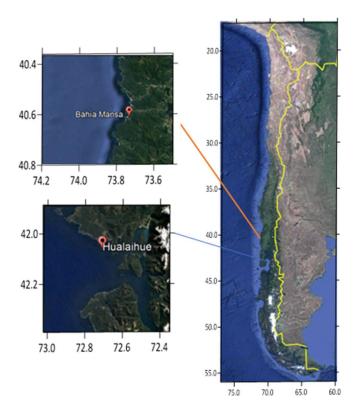


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades consideradas en el programa de marcaje de raya volantín y raya espinosa en la región de Los Lagos.

Los tres tipos de etiquetas usados correspondieron a: discos Petersen, marca Floytag (50 unidades), transmisores acústicos, marca Innovasea, modelo V16 (17 unidades) y transmisores satelitales pop-up, marca Wild-Life Computers, modelo SPAT-355H (10 unidades) (Fig. 2.)

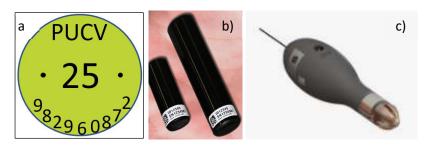


Figura 2. Etiquetas utilizadas en la experiencia de marcaje de raya volantín y raya espinosa en la Región de los Lagos. a) disco Petersen, b) transmisor acústico y c) transmisor satelital.

Para el caso de las etiquetas acústicas, adicionalmente se requirió la instalación de 3 receptores acústicos, los que permanecieron instalados por un período mínimo de 60 días. En el caso de las etiquetas satelitales, estás fueron programadas para liberarse después de 60 días de iniciado el despliegue. Cuatro de las etiquetas satelitales, junto con 4 de las de disco, fueron desplegadas en bahía Mansa, mientras que las 6 etiquetas satelitales restantes y las 17 etiquetas acústicas se desplegaron al sur de Hualaihué, en las inmediaciones de islote Liligüapi y estero Comau junto con las 46 etiquetas de disco Petersen restantes.

Toda la actividad de captura, marcaje y liberación se llevó a cabo a bordo de embarcaciones de contrata local, las cuales corresponden al bote artesanal "Llafdel" Matricula 2372 con puerto base Bahía Mansa, mientras que en Hualaihué la embarcación empleada fue la lancha menor "Naviero", matricula 4102 con puerto base Hualaihué (Fig. 3).



Figura 3. Embarcaciones de contrata local utilizadas en la experiencia de marcaje de raya volantín y raya espinosa en la Región de los Lagos.

Los datos almacenados y transmitidos por las etiquetas satelitales correspondieron a:

- Profundidad: La etiqueta transmite las lecturas de profundidad mínima y máxima para cada día UTC. Los datos de profundidad se toman del archivo que se almacena en la etiqueta.
- **Temperatura:** La etiqueta transmite las lecturas de temperatura mínima y máxima para cada día UTC. Los datos se toman del archivo que se almacena en la etiqueta.
- Cambio de luz (Delta Light): En los mensajes de datos diarios, los datos del nivel de luz del archivo se resumen para incluir el cambio en el nivel de luz para cada día UTC. Este valor luego se empareja con las lecturas de temperatura y profundidad mínima y máxima para cada día correspondiente. Esto se desarrolló como una forma de inferir eventos de depredación. Por ejemplo, si este valor es grande (muchos cambios en el nivel de luz), es probable que el animal se mueva hacia arriba y hacia abajo en la columna de agua y/o la etiqueta pueda detectar el amanecer y el anochecer. Cuando el valor es muy pequeño, sin cambios en el nivel de luz durante el día, la etiqueta puede estar dentro de un depredador o permanecer en profundidad. Cuando se transmiten los datos, es posible que vea que el cambio de luz es alto durante muchos días seguidos y luego se reduce a un número muy pequeño. Una interpretación de esto sería inferir un evento de depredación.

Además, al emerger, la etiqueta transmite la serie de tiempo de profundidad de los últimos 4 días, a intervalos de 10 min, lo que permite visualizar cambios en profundidad del ejemplar marcado.

Objetivo Específico 3

Elaborar los términos técnicos de referencia (TTR) y económicos, en atención a la propuesta de mayor costo-efectividad y que no comprometa los aspectos técnicos del procedimiento.

Los términos técnicos de referencia (TTR) tienen por objeto definir el marco técnico y económico en el cual un consultor o grupo de trabajo llevará a cabo un estudio en particular (Roberts *et al.*, 2011). Por lo tanto, los TTR que se desarrollar en este estudio consideran los siguientes puntos:

- Antecedentes y justificación del estudio
- Explicitar claramente los objetivos del estudio
- Cómo se llevará a cabo el estudio Metodología
- Cuáles son los resultados esperados
- Cómo y cuándo se entregarán los resultados esperados y sus formatos
- Quiénes estarán involucrados en el desarrollo del estudio
- Plan de actividades que permita concretar los objetivos
- Cuál será la duración del estudio
- Presupuesto referencial

Los antecedentes y justificación del estudio, dicen relación con describir el conocimiento previo que se tiene del objeto de estudio, proveyendo un marco o contexto de como el presente estudio se relaciona con el conocimiento o información existente. Esta sección contiene la problemática a estudiar, contestando además a la pregunta de por qué el estudio es necesario, su relevancia en térmicos económicos y sociales si las hay, o de cualquier otra índole.

Los objetivos generales y específicos, a pesar de ser breves, son aspectos claves de los TTR. El objetivo general señala que es lo que se desea alcanzar durante el desarrollo del estudio. Los objetivos específicos están asociado a preguntas específicas que son necesarias de contestar para alcanzar el objetivo general y responder a la pregunta central del estudio.

La sección de metodología indica el marco general en el cual se debe desarrollar el estudio para alcanzar cada una de las metas propuestas y responder a la pregunta de investigación. Contiene los elementos fundamentales que deben dar origen a un plan o método robusto. Estos se orientan a definir aspectos relacionados a diseño y área de muestreo del estudio, tamaños de muestras, nivel de error, instrumentos, como se colectarán los datos, cómo se analizará la información, entre otros.

Otros aspectos relevantes de los TTR se refieren al listado resultados que se espera obtener en el estudio, así como los formatos de entrega de estos mismo (reporte, digital, talleres, etc.), y la frecuencia de entrega. Así también, se debe indicar el equipo de trabajo que desarrolla el estudio, con su experiencia y competencias para desarrollar el estudio.

Siguiendo los lineamiento anteriores, y en base a los resultados de los objetivos específicos 1 y 2, se presenta en el documento (TTR) el marco técnico mínimo sobre el cual un consultor o grupo de trabajo implemente un programa de marcaje y recaptura orientado a conocer los patrones de migración y distribución espacial de rayas, sus costos asociados y las ventajas de su implementación en términos del aporte al entendimiento de la estructura poblacional de rayas, y su conexión con los procesos de reproducción, reclutamiento, crecimiento y mortalidad, los cuales se espera tengan un impacto en el manejo de la pesquería. Los objetivos específicos de los TTR se basan en el avance del conocimiento alcanzado en el presente proyecto piloto, en términos de sus aspectos técnicos, tecnológicos, biológicos, estadísticos y presupuestarios.

El documento de TTR solicita la descripción metodológica de cada objetivo específico a realizar, y contiene las bases mínimas determinadas en el estudio piloto. Así, el diseño de muestreo del siguiente estudio debe incluir aspectos tales como la definición del área y época del estudio, los cuales deberán estar basados en los resultados del estudio pilotos, la información relacionada a la pesca e hipótesis de distribución en rayas. El diseño de muestreo debiera considerar la cobertura del área de estudio en términos de la distribución espacial de los ejemplares que se marcarán, así como su temporalidad.

Por último, los TTR señalan una propuesta global de costos para establecer el presupuesto indicativo. Los aspectos económicos señalados consideran recursos humanos, costos de operación, inversiones o equipamiento necesario para implementar el programa de marcaje y recaptura y costos de administración.

IV. RESULTADOS

Objetivo Específico 1

Identificar el o los tipos de marca y métodos de marcaje aplicables para los recursos raya según las experiencias existentes condrictios o especies similares.

1.1. Tipos de etiquetas disponibles para marcaje de peces

La necesidad de identificar peces individuales o grupos de peces ha sido un requerimiento básico en la ciencia pesquera por muchos años. Esto ha impulsado el desarrollo y uso de variados tipos de marcas, sean estos objetos hechos por el hombre que se adhieren al pez (comúnmente denominados "tags" o etiquetas) (Fig. 4) o características identificables de un pez (comúnmente llamados "marks" o marcas), generalmente referidas a códigos identificatorios. Su aplicación depende del propósito del procedimiento, la especie y talla del pez individual, o el número requerido de individuos identificados para el estudio.

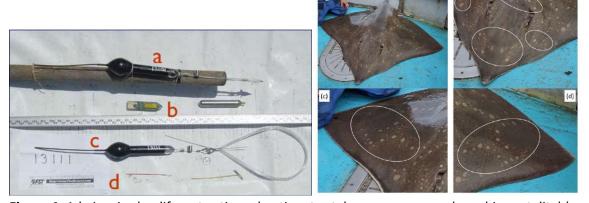


Figura 4. A la izquierda, diferentes tipos de etiquetas tales como pop-up de archivo satelital (a, c), pequeñas etiquetas de archivo (b), y etiquetas de plástico (d) (Modificado de NOAA). A la derecha, patrón de marcas en ejemplares de *Dipturus intermedius* (Benjamins *et al.*, 2018).

La presente revisión se focaliza en los sistemas de marcaje basados en etiquetas que hayan sido usados en estudios similares de comportamiento y migraciones en especies a nivel mundial. En este sentido, se identifican tres tipos de sistemas de marcaje correspondientes a: i) etiquetas externas convencionales, ii) transmisores acústicos, y iii) transmisores satelitales. A continuación, se presenta una breve descripción de cada método, sus aplicaciones y principales fabricantes y modelos.

1.1.1. Etiquetas externas convencionales

Una etiqueta colocada externamente sobre el pez es fácilmente perceptible y no se requiere ningún equipo especial para su detección. Estos tipos de etiquetas pueden llevar un código individual, grupo de códigos o instrucciones visibles para que sea reportado. Ejemplos de estos tipos de etiquetas son: cintas, hilos, alambres, platos, discos, etiquetas colgantes y tirantes (McFarlane *et al.*, 1990). Los ejemplos más conocidos de etiquetas externas son probablemente las del tipo Dart, T-Bar, Carlin y disco Petersen (Fig. 5). Las etiquetas Dart (top dardo) y T-Bar son etiquetas plásticas largas y delgadas que tienen un gancho o una "T" en su extremo para engancharse al músculo de los peces. Las marcas Carlin son discos de plástico pequeños que van sujetas a un organismo con un monofilamento o alambre. El disco Petersen tiene una perforación en su centro por donde pasa un monofilamento o alambre a través del cual se sujeta al pez (Fig. 5). En general, estos tipos de etiquetas son los más económicos por lo cual son comúnmente usados en programas de marcaje masivos.

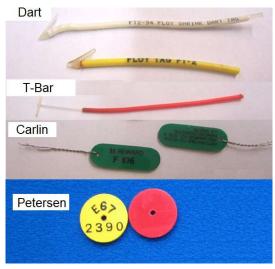


Figura 5. Cuatro tipos de etiquetas externas usada ampliamente en organismos marinos.

Al momento de capturar un ejemplar, se registran datos biológicos generales (p.ej. talla, peso y sexo), así como datos operacionales (p.ej. posición geográfica, fecha-hora, profundidad), para luego ser etiquetado y liberado. Junto a los datos biológicos y operacionales se registra el código individual de cada ejemplar. Posteriormente, cuando se recaptura un ejemplar marcado, lo ideal es el registro de la misma información biológica y operacional, además del código individual del ejemplar capturado. Dado que estas etiquetas externas no almacenan datos. Es fundamental la difusión del programa de marcaje en las flotas pesqueras para que registren e informen los datos asociados a la recaptura de peces marcados.

1.1.2. Transmisores acústicos (activos-pasivos)

Las etiquetas acústicas se desarrollaron por primera vez para su uso en la investigación pesquera debido a que las señales acústicas de onda larga viajan bien a través del agua y no se ven afectadas sustancialmente por conductividad, que les permite ser efectivos tanto en ambientes estuarinos como oceánicos (Murphy *et al.*, 1996).

La forma más simple de este tipo de transmisores son los "pingers", que producen una señal de sonido específica para cada etiqueta o receptor individual. El sonido del pinger se puede escuchar a través de un hidrófono (forma activa), se utiliza un pulso de sonido emitido por un transmisor sónico para seguir al pez en tiempo real. La intensidad de la señal indica la distancia relativa entre el bote y el pez. El rumbo hacia el pez se determina girando un hidrófono direccional o utilizando múltiples elementos hidrófonos, que no necesitan girarse para indicar la dirección. Una etiqueta acústica más avanzada a menudo puede proporcionar más información como profundidad y temperatura del agua (The Fins United Initiative).

Los sistemas acústicos de monitoreo pasivos, están pensados en estudios de más larga data (meses o años). En este caso las etiquetas generalmente se implantan quirúrgicamente en el cuerpo del animal para garantizar una mayor retención. Los sistemas pasivos se basan en receptores estacionarios desplegados en ubicaciones fijas y conocidas (Fig. 6). Cada receptor registra la presencia de un individuo a medida que detecta la transmisión de etiquetas dentro del rango de detección del receptor, se registra el código de identificación único del animal, junto con la fecha y hora y cualquier dato que tenga (Skerritt *et al.*, 2015).

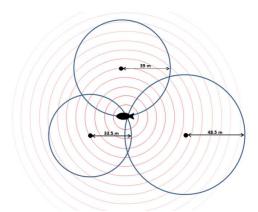


Figura 6. Ilustración de triangulación, que involucra tres receptores de hidrófonos de ubicación conocida (●) y un pez etiquetado que emite una señal acústica. Fuente: Skerritt *et al.* (2015).

Los primeros sistemas tenían como objetivo registrar la presencia de peces móviles grandes utilizando un pequeño número de receptores, desplegados a grandes distancias (Klimley *et al.*, 1988; Nelson, 1990; Voegeli *et al.*, 2001; Lacroix *et al.*, 2004). Esto proporciona datos casi continuos de

presencia-ausencia dentro del alcance del receptor, durante largos períodos de tiempo, limitados solo por la vida útil de la batería del receptor (meses a años).

La flexibilidad de los sistemas pasivos ha permitido el ingreso de nuevos diseños, desde receptores individuales fijos en áreas de interés, hasta receptores alineados a intervalos fijos a lo largo de estuarios (Werry *et al.*, 2012) o para crear 'cortinas' que se extienden desde la costa hasta el mar abierto para monitorear las rutas de migración (Comeau *et al.*, 2002; DeCelles & Cadrin, 2010). Los receptores modernos son receptores pequeños de un solo canal (frecuencia única fija) que detectan etiquetas codificadas de forma individual.

La tecnología de seguimiento (telemetría acústica) ha proporcionado una herramienta valiosa para obtener información relevante sobre el comportamiento animal en hábitats acuáticos, conocimiento que hasta hace pocas décadas atrás era imposible de lograr basado en métodos tradicionales (Lucas & Baras, 2000; Adams *et al.*, 2012). Con el uso de tecnología de seguimiento electrónico, extensa información a largo plazo sobre movimientos de peces, su fisiología y/o los parámetros ambientales se pueden recopilar de manera individual. Esta posibilidad de recopilar datos detallados directamente desde los individuos reduce el número de ejemplares a estudiar para responder a la misma pregunta Thorstad *et al.* (2013).

Las marcas de etiquetas acústicas actualmente más usadas en experiencias de marcaje corresponden fundamentalmente a dos fabricantes, Vemco (Innovasea.com) y Lotek (lotek.com) (Fig. 7a y 8a), quienes ofrecen transmisores de las series V y MAP, respectivamente. En ambos casos, se cuenta con la posibilidad de realizar la detección de los transmisores acústicos mediante receptor fijo (Fig. 7b y 8b) o por receptor móvil (Fig. 7c y 8c).

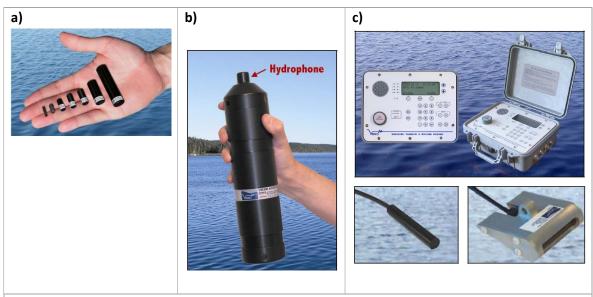


Figura 7. a) Transmisores acústico de la serie V. b) Receptor acústico (hidrófono) fijo, modelo VR2W. c) Receptor acústico móvil, modelo VR100 con hidrófonos omnidireccional y direccional

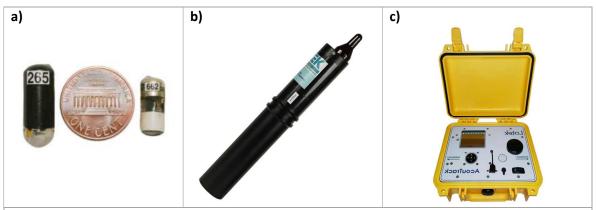


Figura 8. a) Transmisores acústicos de la serie MAP. b) Receptor acústico (hidrófono) fijo, modelo WHS3250. c) Receptor acústico móvil AcouTrack para dos hidrófonos

Los transmisores de la serie V de Vemco poseen dimensiones entre 42 y 73 mm de longitud, y un peso entre 1 y 36 g fuera del agua, los que pueden emplearse en peces de 50 g en adelante (Tabla 1). Estos transmisores pueden también contener sensores de presión (profundidad), temperatura y aceleración. Por su parte, los transmisores de la serie MAP de Lotek poseen una longitud entre 42 y 80 mm de longitud, y un peso entre 5,5 y 35 g (Tabla 2). Según la configuración, pueden trasmitir entre 20 y más de 6000 días.

Tabla 1. Relación entre peso seco del transmisor de la serie V (Vemco) y peso del pez. En este caso, el peso de la etiqueta corresponde a un 2% del peso del pez.

Modelo del transmisor	Peso en seco del transmisor (g)	Peso del pez (g)	
V6	1	50	
V7	1,4-1,8	70-90	
V8	2	100	
V9	2,9-4,7	145-235	
V13	11	550	
V16	20-36	1000-1800	

Tabla 2. Dimensiones y peso de transmisores de la serie MAP (Lotek). Se presenta también la vida útil de los transmisores en caso de usar frecuencia de comunicación cada 90 segundos.

Modelo del	Diámetro y largo	Peso en seco del	Vida útil (días)
transmisor	(mm)	transmisor (g)	Intervalo de 90s
MM-8-SO	8.5 x 42	5,5	291
MM-11-SO	11 x 42	6,6	291
MM-11-28	12 x 60	11	1478
MM-11-45	12 x 73	15	2300
MM-16-25	16 x 57	26	3047
MM-16-33	16 x 64	29	4156
MM-16-50	16 x 80	33	6649

1.1.3. Transmisores satelitales (pop-up satellite archival tag- PSAT)

Una aplicación relativamente reciente ha sido el desarrollo de etiquetas que pueden almacenar datos y que estos sean recibidos en estaciones de recepción remotas. También se ha desarrollado un sistema que permite determinar tracks, basándose en el uso satelital ARGOS y el sistema de localización CLS, en un programa conjunto entre Francia (Centre National d'Etudes Spatiales - CNES) y Estados Unidos (National Aeronautics & Space Administration - NASA, and National Oceanic & Atmospheric Administration - NOAA). Los tracks pueden ser registrados en el caso que el individuo se encuentre en la superficie o a pocos centímetros de profundidad, en cuyo caso puede tener contacto con satélites, o bien, se puede estimar a partir de los desplazamientos y el registro de datos ambientales. En este último caso, su aplicación solo es recomendada para especies que realizan migraciones largas.

Las etiquetas emergentes de archivo satelital (o PSAT) consisten en un transmisor satelital diseñado para estudiar el comportamiento y uso del hábitat de las especies marinas. Una vez desplegada adecuadamente, la etiqueta funciona de manera autónoma, recolectando y archivando datos de presión (profundidad), temperatura y nivel de luz en una serie de tiempo, según la configuración seleccionada. Por lo tanto, esta tecnología puede proporcionar información sobre la posición del pez en el momento emergente, y los datos almacenados de luz, temperatura y profundidad se pueden usar para calcular los movimientos del pez entre el marcado y la ubicación emergente (Fig. 9).

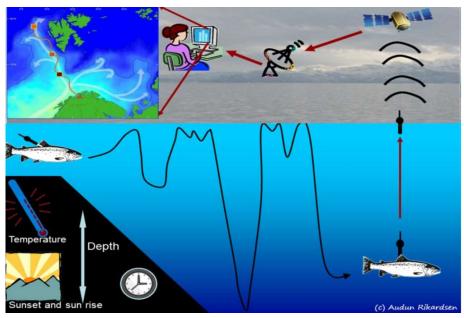


Figura 9. Ilustración que representa el rastreo de un pez mediante el uso de un transmisor satelital emergente (PSAT). Según los datos almacenados, las rutas de migración de los peces se pueden calcular en retrospectiva (Fuente: Thorstad *et al.*, 2013).

Las etiquetas están compuestas de materiales resistentes a la presión con la flotabilidad suficiente para permitir que la etiqueta flote a la superficie una vez que se separa del organismo. Alternativamente, si la etiqueta mide la profundidad constante durante un período predefinido (es decir, indicando mortalidad) también se liberará, saldrá a la superficie y comenzará a transmitir los datos archivados a los satélites ARGOS hasta que se agote la batería. La ventaja de estas etiquetas es que no necesitan ser recuperadas para recuperar datos. Los datos también se recuperan de peces que mueren, lo que a menudo es tan importante como obtener datos solo de los sobrevivientes Thorstad *et al.* (2013).

Siendo sistemas de marcaje de mayor tamaño y costo, solo son viables para el estudio de peces marinos más grandes (Bain, 2005), como atunes (Lutcavage *et al.*, 1999; Block *et al.*, 2001; Gunn & Block, 2001; Marcinek *et al.*, 2001), tiburones (Holland *et al.*, 2001; Boustany *et al.*, 2002), marlín (Graves *et al.*, 2002) y rayas (Center for Ocean Life, 2019; Wearmouth & Sims, 2009).

Los fabricantes de transmisores satelitales más usados en experiencias de marcaje en el ambiente marino corresponden a Wildlife Computers, Microwave Telemetry y Lotek. A continuación, se presenta una breve descripción de los modelos de transmisores que desarrolla cada fabricante conforme a la información disponible en sus respectivas páginas web.

Wildlife Computers (www.wildlifecomputers.com)

MiniPAT. Es una etiqueta transmisora que archiva datos y se libera según programación. Ha sido diseñada para seguir el movimiento y comportamiento de peces que realizan grandes desplazamientos y que no se mantienen por suficiente tiempo en superficie para permitir el uso de comunicación en tiempo real con el satélite Argos.

sPAT. Es una etiqueta transmisora que archiva datos y se libera según programación. Ha sido diseñada para estudios de corta duración de hasta 60 días, como por ejemplo para estudios de sobrevivencia.

Ambas etiquetas presentan idénticas características en términos de tamaño y peso, siendo la mayor diferencia entre ellas el tiempo de duración de las baterías y su valor comercial (Tabla 3).

Microwave Telemetry (www.microwavetelemetry.com)

PSAT PTT-100. Es una etiqueta que almacena y transmite mediciones de datos de profundidad y temperatura, así como de luz ambiental y se libera según programación. Se utiliza para estudios de migración y uso de hábitat de animales marinos grandes que realizan migraciones verticales. Según la versión, los tiempos del amanecer y atardecer son determinados por los niveles de luz y son usados para estimar la ubicación geográfica de los peces y de este modo

reconstruir track de migración. El PST PTT-100 mide 168 mm de longitud y tiene un diámetro máximo de 41 mm y peso de 78 g (Tabla 3).

X-Tag. Es una etiqueta transmisora que archiva datos y se libera según programación. Se utiliza para estudios de migración y uso de hábitat de animales marinos de menor tamaño ya sean especies verticalmente activas o de hábitos demersales. Está diseñada para recolectar datos de presión, temperatura y nivel de luz. Los tiempos del amanecer y atardecer son determinados por lo niveles de luz y son usados para estimar la ubicación geográfica de los peces y de este modo reconstruir track de migración. El Modelo X-Tag mide 122 mm de longitud, tiene un diámetro máximo de 33 mm y peso de 46 g (Tabla 3).

Ambos modelos de etiquetas pueden ser programados en su forma estándar o en el modo de alta velocidad, lo que deriva en una data más precisa en términos de posición dado el mayor ratio de medición, pero disminuye significativamente el tiempo de despliegue que va de menos de 30 días en su forma rápida a más de un año en su modo estándar (Tabla 3).

Lotek (www.lotek.com)

PSATGEO y PSATLIFE: Son etiquetas que proporcionan ubicaciones diarias durante todo el período de implementación y otros datos de resumen diarios que incluyen temperatura, SST y profundidad.

PSATFLEX se puede configurar para estudios a corto o largo plazo, con los sensores elegidos muestreados en un intervalo definido por el usuario.

Todos los modelos de etiquetas PSAT marca Lotek presentan las mismas características en términos de dimensiones y peso, pudiendo ser desplegados hasta por períodos de un año (Tabla 3). La mayor innovación en estas etiquetas está en el modelo PSATGEO el cual usa el campo magnético de la tierra y un acelerómetro interno para describir la trayectoria del pez con mayor precisión.

Tabla 3. Dimensiones, peso y duración de transmisores satelitales comúnmente usados en estudios de especies marinas, según fabricante y modelo. El precio es referencial y sólo considera el valor del transmisor.

	Wildlife Computers		Microwave	Telemetry	Lotek			
	MiniPAT	sPAT	PSAT PTT-100	X-Tag	PSATGEO	PSATLIFE	PSATFLEX	
Dimensiones Longitud (mm) Diámetro (mm)	124 38	124 38	168 41	122 33	131 42	131 42	131 42	
Peso en seco (g)	60	60	78	46	87	87	87	
Duración máxima Tasa estándar Tasa superior	2 años -	60 días -	365 días < 30 días	365 días < 30 días	365 días -	28 días -	365 días -	
Precio (USD)	3.950	2.000	3.600 - 3.800	4.000 – 4.200	2.450	2.145	3.245	
Imagen de referencia								

A partir de los antecedentes disponibles, es posible identificar una serie de ventajas y desventajas de cada método, las que se resumen en la Tabla 4. Del mismo modo, a partir de la revisión realizada y la experiencia llevada a cabo en el presente proyecto, se detalla una serie de aspectos relevantes a ser considerados para el marcaje de rayas, diferenciándose por tipo de marca o transmisor según corresponda.

Tabla 4. Dimensiones, peso y duración de transmisores satelitales comúnmente usados en estudios de especies marinas, según fabricante y modelo. El precio es referencial y sólo considera el valor del transmisor.

Método	Ventajas	Desventajas
Externa convencional	 Barato y simple de producir Fácil y rápido de emplear Tecnología simple para su aplicación Para un amplio rango de tamaño de peces Fácil de detectar Permiten identificación individual Largo tiempo de retención de la etiqueta Efecto sobre el comportamiento del pez es bajo 	 Tasa de retorno es variable Se requiere la recaptura de ejemplares marcados Información de recaptura depende de la pesquería Precisión de la información de recaptura es variable Solo se conoce posición de liberación y de recaptura Puede afectar el crecimiento, salud y sobrevivencia Puede haber alta pérdida de etiqueta, según el tipo Requiere un alto número de ejemplares marcados
Transmisor acústico	 Costo accesible del transmisor Altamente efectivo en profundidades bajas, zonas costeras o semi-cerradas Transmisores para peces de distinto tamaño No requiere recaptura de los ejemplares Marcados Tiempos de despliegue altos Bajo costo de mantención de los receptores Transmisión de datos adicionales como presión y temperatura 	 Requiere un sistema de detección (fijo o móvil) Requiere una gran red de hidrófonos para estudios más precisos No almacena datos del hábitat y de posición de manera continua La implantación requiere en algunos casos cirugía menor Requiere personal entrenado para la instalación Puede afectar comportamiento de natación
Transmisor satelital	 Independiente de la recaptura Registra datos de posición y del ambiente No requiere recaptura de los ejemplares marcados Descripción de movimientos horizontales y verticales Altamente efectivo para peces pelágicos que emergen a superficie de manera periódica 	 Alto costo asociado Tasa de efectividad (desprendimiento según programación) media Transmisores sólo para especies de mayor tamaño Baja representatividad por tamaños de muestra bajos Instalación compleja que puede ocasionar daño al pez Puede afectar comportamiento de natación Requiere personal entrenado para la instalación

Tabla 5. Detalle de las metodologías y requerimientos técnicos para marcaje, asociadas a cada tipo de marca.

Aspecto a	Tipo de marca o transmisor								
considerar	Disco Petersen Transmisor acústico Transmisor sato								
Plataforma de trabajo	Embarcación pesquera artesanal, ya sea bote o lancha. Según distancia y duración de la salida, puede ser conveniente el uso de lancha. La embarcación debe contar con capacidad para mínimo dos técnicos aparte de la tripulación de pesca. A bordo se requiere de una mesa o superficie de trabajo estable, que permita realizar las mediciones de los ejemplares. Además, se requiere de equipo "Ecosonda"; "Navegador o GPS", para contar con los datos de profundidad y posición tanto de los puntos de captura y liberación como para georreferenciar los puntos de anclaje de los receptores acústicos.								
Método de captura y de operación del arte de pesca	El método de captura debe considerar generar el mínimo daño a los ejemplares. El método de captura sugerido es el espinel horizontal. Idealmente se deben usar anzuelos sin rebarba. En caso de usar anzuelo con rebarba, cortar el anzuelo en la sección de la caña para evitar daño en el hocico. Tiempo de reposo máximo 12 horas. El virado del espinel se puede llevar a cabo manualmente o con el apoyo de un virador mecánico. No usar ganchos, fijas u otros instrumentos para izar el ejemplar a cubierta. Dejar en el agua cualquier otro ejemplar mientras se realiza el procedimiento de toma de datos biológicos y marcaje del ejemplar en cubierta, de tal forma de evitar estrés innecesario en cubierta.								
Equipo técnico de trabajo	técnico capacitado para identificación y muestreo de especies. técnico capacitado para marcaje de peces.	1 técnico capacitado para identificación, muestreo y marcaje de especies. 1 técnico o profesional capacitado para anclajes de equipos y sensores.	1 técnico capacitado para identificación y muestreo de especies. 1 técnico capacitado para marcaje de peces. 1 técnico o profesional capacitado para manejo de software y plataforma web de Argos.						
Equipamiento de muestreo		tre 500 y 50000 g), huincha de para mesa, red y cabos para cam iles de marcaje, GPS.							
Procedimiento previo al marcaje	N/A	Preparación fondeos para receptores y liberadores acústicos. Chequeo baterías liberadores acústicos. Puesta en marcha y despliegue de receptores en puntos de anclajes. Georreferenciación de los puntos de anclaje para posterior recuperación	Familiarización con plataforma Argos. Ingreso de las etiquetas a la plataforma Argos. Revisión de la programación de las etiquetas para despliegue.						
Tiempo a considerar para adquisición de marcas y etiquetas	< 1 mes para proceso de compra	entre 2 y 4 meses para proceso de compra e importación de transmisores, receptores y liberadores acústicos	entre 2 y 4 meses para proceso de compra e importación de transmisores satelitales						
Procedimiento de marcaje	1°. Captura e izado del ejemplar 2°. Identificación de la especie 3°. Sexado (M-H)	a bordo							

	4°. Medición del Ancho de Disco (AD) y Longitud Total (LT), pesado. 5 Marcaje, anotación de código y tipo de marca. 6 Desinfección + antibiótico para evitar infecciones producto de la marca									
	7 Liberación del ejemplar, anotación de la ubicación geográfica de liberación. (Para mayor detalle del procedimiento ver Anexo I)									
	Información recibida por parte de pescadores, patrón o compradores. Depende de programa de difusión, embarques esporádicos o muestreos en tierra	Recuperación de receptores acústicos mediante liberadores. Descarga de datos desde el receptor vía software.	Opción 1.: Independiente de pescadores. La etiqueta satelital se libera en el tiempo programado y envía los datos al satélite, la cual es almacenada en la plataforma web de Argos. Se ingresa a plataforma y se recuperan los datos de las etiquetas.							
Recuperación de marcas y datos			Opción 2.: En caso de captura antes del plazo de liberación programado: El pescador dará aviso al encargado del programa de marcaje. Depende de programa de difusión. Se recupera la etiqueta contactando al pescador. En este caso además de la información recuperada en el sitio web de Argos se puede recuperar información completa por software.							
Registro de datos	En Planilla Excel - Bitácora de captura (Fecha y hora, zona y profundidad de pesca) - Datos biológicos de peces marcados (Sp, Sexo, LT, AD y Peso) - Datos de recaptura informados por pescadores (Fecha y hora recaptura, ubicación geográfica de la recaptura)	En Planilla Excel - Bitácora de captura (Fecha y hora, zona y profundidad de pesca) - Datos biológicos de peces marcados (Sp, Sexo, LT, AD, Peso) - Datos de detección acústica descargados de receptores (N° etiqueta detectada)	En Planilla Excel - Bitácora de captura (Fecha y hora, zona y profundidad de pesca) - Datos biológicos de peces marcados (Sp, Sexo, LT, AD, Peso) - Datos de posición del punto de liberación o recaptura, dependiendo del caso. - Datos ambientales recibidos por satélites							

1.2. Marcajes empleados en diversas especies de rayas

Se realizó la revisión de cerca de 40 artículos científicos e informes técnicos que contienen información acerca de experiencias de marcaje en el superorden Batoidea que agrupa entre otros al orden Rajidae, comúnmente conocido como el de rayas verdaderas.

Las etiquetas externas convencionales usadas en rayas se remontan a la década de 1930, período desde el cual fue el único método empleado hasta fines de la década de 1990, donde comenzaron

el uso de métodos acústicos (Fig. 10). Luego, en la década del 2000, la mayor cantidad de estudios publicados se basan en el uso de etiquetas acústicas y, de manera incipiente, comenzó el uso de etiquetas satelitales. Por último, en la década reciente (2010-2019), aumentó el uso de transmisores satelitales, los cuales junto a los transmisores acústicos representan cerca del 70% del total de estudios publicados (Fig. 10).

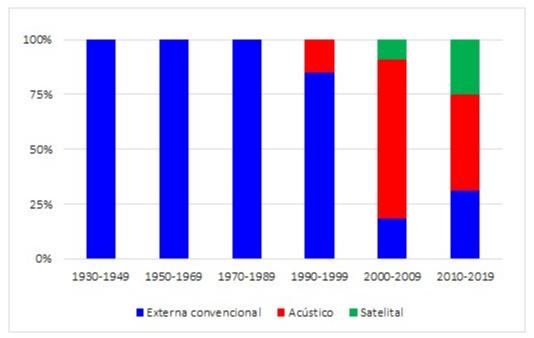
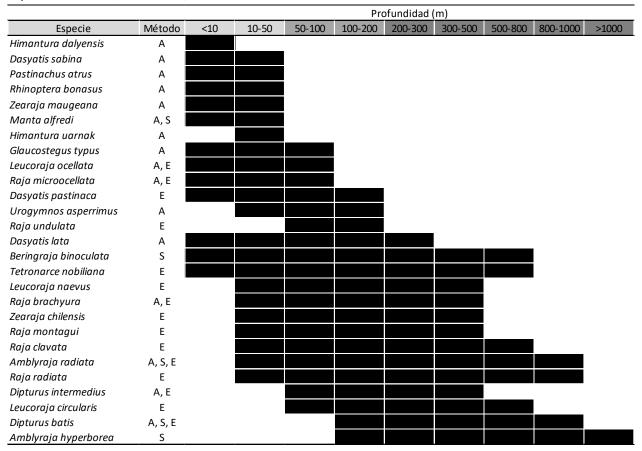


Figura 10. Evolución del uso de métodos de marcaje en rayas entre 1930 y 2019. Los números indican el porcentaje de trabajos en cada período según método usado.

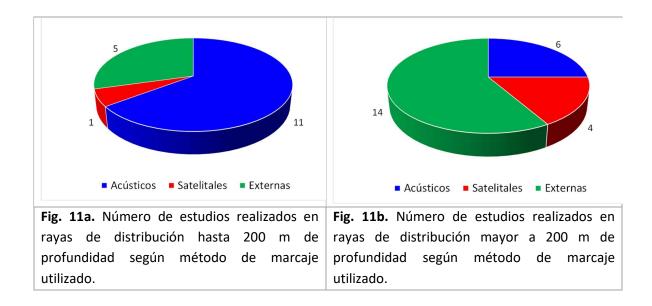
Los antecedentes disponibles muestran que se han llevado a cabo estudios en rayas que poseen diferentes distribuciones batimétricas, desde especies de aguas someras (< a 50 metros de profundidad) hasta especies con amplia distribución que abarca incluso aguas profundas (> a 500 metros de profundidad) (Tabla 6).

Los trabajos realizados sobre especies con distribución igual o menor a 200 metros de profundidad han empleado mayoritariamente transmisores acústicos (11 estudios de 17 revisados) (Tabla 6; Fig. 11). Los transmisores externos convencionales se ubican en segundo lugar y, en tercer lugar, el uso de transmisores satelitales (Fig. 9). Para los estudios en rayas que presentan un rango más amplio de profundidad y que superan los 200 m, las etiquetas externas convencionales corresponden a la primera preferencia (14 estudios de 24 analizados), seguido de transmisores acústicos y luego los satelitales (Tabla 6; Fig. 9).

Tabla 6. Rango de distribución batimétrica y métodos de marcaje usados en diversas especies de rayas. A: acústicos, S: satelital, E: externa convencional.



El motivo de los trabajos analizados en diversas especies de rayas claramente está focalizado en el estudio de patrones de distribución, migración y/o conectividad, no obstante, se observó que algunos trabajos presentaron objetivos secundarios, por ejemplo, asociados al conocimiento y comprensión del uso del hábitat, que se identifica segundo, en términos de importancia (Fig. 12). Otros propósitos tales como el estudio de la mortalidad asociada al descarte, impacto de vedas temporales, crecimiento, pruebas de marcas, ciclo reproductivo y estimación de abundancia sólo se identifican de manera ocasional (Fig. 12).



Lo anterior no resta importancia al método para realizar estos estudios, sino que permite identificar que la principal motivación en los trabajos de marcaje de rayas tiene relación con la incertidumbre asociada a los patrones de distribución y desplazamientos.

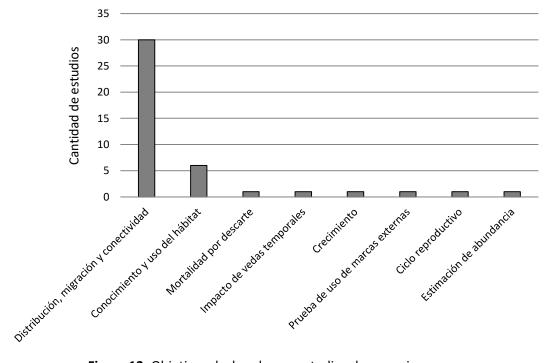


Figura 12. Objetivos declarados en estudios de marcaje en rayas.

La revisión realizada permitió identificar que se han realizado estudios de marcaje sobre 16 especies de la familia Rajidae donde se encuentran los géneros Dipturus y Zearaja, principalmente en especies que se encuentran en el Océano Atlántico (Tabla 7). La mayoría de estas especies presenta amplia distribución batimétrica que abarca desde zonas de menos de 100 metros de profundidad hasta 300 metros o más. En siete de estas especies se ha usado exclusivamente etiquetas externas convencionales, en dos sólo transmisores satelitales y en uno sólo transmisores acústicos, mientras que en las seis restantes se han usado dos o más de los métodos indicados (Tabla 7).

Tabla 7. Rango de profundidad (m), distribución y método de marcaje (E: externa convencional, A: acústicos, S: satelital) empleados en especies de la familia Rajidae a nivel mundial.

Especie	Método	Distribución	Rango de profundidad (m)
Amblyraja hyperborea	S	Circumpolar en ambos polos	92 - 2925
Amblyraja radiata	A, S, E	Atlántico Este	20 - 1000
Beringraja binoculata	S	Pacífico Norte	3 - 800
Dipturus batis	A, S, E	Atlántico Este	100 - 1000
Dipturus intermedius	A, E	Mar del norte y costa de Escocia	80 - 400
Leucoraja circularis	E	Atlántico oriental (Islandia)	70 - 676
Leucoraja naevus	E	Atlántico Este y Mediterráneo	20 - 500
Leucoraja ocellata	A, E	Atlántico Occidental	0 - 120
Raja brachyura	A, E	Atlántico Este	10 - 380
Raja clavata	E	Atlántico Este, Mediterráneo y el Mar Negro	20 - 600
Raja microocellata	A, E	Atlántico Este	0 - 100
Raja montagui	E	Atlántico Este	8 - 530
Raja radiata	E	Atlántico norte y sudeste	20 - 1000
Raja undulata	E	Atlántico oriental	50 - 200
Zearaja chilensis	E	Pacífico sudoriental y Atlántico sudoccidental	28 - 500
Zearaja maugeana	Α	Tasmania	5 - 50

1.2.1. Etiquetas externas convencionales

Varios programas de marcaje de peces con este tipo de etiquetas están en marcha en el mundo o han sido realizado en el pasado. Algunos trabajos realizados con marcaje y recaptura se han centrado en trabajo de mediana y larga data, con programas de seguimiento robustos en los que se han usado discos Petersen (metálicos o plásticos) como es el caso de *Raja clavata* y otras especies de la familia Rajidae (Steven, 1936; Walker *et al.*, 1997; Burt *et al.*, 2006; Ellis *et al.*, 2008), con marcajes masivos que superan los 14.000 individuos (Tabla 8). En dichos estudios, la recaptura ha fluctuado entre 7,1 y 33,1% (Tabla 8).

El primer trabajo considerado en esta revisión fue el realizado por Steven (1936), en el cual se emplearon discos metálicos de dos tamaños (15 y 30 mm) según el tamaño de las rayas capturadas. El objetivo de dicho trabajo fue estudiar el crecimiento y la migración de la especie Thornback ray (*R. clavata*), el cual se extendió por 5 años entre 1930 y 1935. Steven (1936) señala que Fulton (1893) marcó en 1890 a 71 ejemplares de Thornback ray (*R. clavata*) y 23 Grey skate (*D. batis*) en aguas de Escocia, siendo aparentemente el trabajo de marcaje más antiguo del cual se tenga información sobre estas especies.

Frisk *et al.* (2019) reportaron el uso de etiquetas T-Bar en 3.416 ejemplares de *Leucoraja ocellata* obteniendo 1,5% de recaptura. Otros estudios han aplicado más de un tipo de etiqueta externa (T-Bar y disco Petersen), como es el caso del realizado por Biais *et al.* (2014) sobre *Raja undulata* en la bahía de Biscaya, con 4.558 ejemplares marcados y 363 ejemplares entre 2011 y 2013, lo cual les permitió obtener una estimación de la mortalidad, abundancia y emigración de esta especie. Las etiquetas del tipo Dart han sido empleadas por Lamilla *et al.* (2001, 2012) y Neat *et al.* (2015) para el estudio de *Zearaja chilensis* y *Dipturus intermedia*, respectivamente, con un número de rayas marcadas bastante menor en comparación a los anteriormente indicados (Tabla 8).

Tabla 8. Estudios de marcaje y recaptura de rayas mediante etiquetas externas convencionales.

Etiqueta externa	Peces etiquetados	Recaptura (n°)	Recpatura / Marcados (%)	Especies	Autores
	4152	295	7.1	Thornback ray (<i>Raja clavata</i>)	Ellis et al. (2008)
	3938	1053	26.7	Thornback ray (<i>Raja clavata</i>), spotted ray (<i>R. montagui</i>) and starry ray (<i>R. radiata</i>)	Walker et al. (1997)
Petersen	6213	1506	24.2	Ppalmente. Thornback ray (Raja clavata), y otras como Raja brachyura, Torpedo nobiliana, Dipturus batis, Leucoraja naevus, Raja microocellata, Leucoraja circularis, Raja montagui, Amblyraja radiata, Dasyatis pastinaca, Raja undulata	Burt et al. (2006)
	614	203	33.1	Thornback ray (Raia clavata)	Steven (1936)
T-Bar Petersen	4558	363	8.0	Undulate ray (<i>Raja undulata</i>)	Biais et al. (2014)
T-Bar	3416	51	1.5	Winter Skate (Leucoraja ocellata)	Frisk et al. (2019)
	72	2	2.8	Raya volantín (<i>Zearaja chilensis</i>)	Lamilla et al. (2011)
Dart	5	0	0.0	Raya volantín (<i>Zearaja chilensis</i>)	Lamilla et al. (2012)
	280	74	26.4	Flapper skate (<i>Dipturus cf. intermedia</i>)	Neat et al. (2015)

1.2.2. Transmisores acústicos

La aplicación de telemetría acústica en rayas es relativamente reciente y abre una interesante puerta en el estudio de especies que presentan filopatría, como podría ser el caso de *Z. chilensis* y *D. trachyderma*. Existen diversos estudios, en escalas espaciales y hábitat diferentes aplicados a rayas, que sirven de referencia para el presente trabajo. En Australia, en los estuarios de Tasmania se ha utilizado este método para estudiar el comportamiento de *Zearaja maugeana*, observándose que en general realizan desplazamientos en un radio no mayor de 5 km, lo que ha llevado a tomar medidas precautorias para la conservación y manejo de su ecosistema (Treloar *et al.*, 2016). La alta fidelidad por el sitio ha sido también identificada por Neat *et al.* (2015) y Wearmouth & Sims (2009) en *Dipturus intermedia* y *Dipturus batis*, respectivamente.

La revisión bibliográfica realizada permitió identificar que los transmisores desarrollados por la empresa Vemco son los mayormente usados en estudios de comportamiento de rayas. En particular, los modelos usados corresponden a transmisores codificados de la serie V, específicamente V8, V9, V10, V13 y V16 (Tabla 9). La selección del modelo depende de las características de la investigación (por ejemplo, extensión en tiempo, distancia al receptor, etc.) y del tamaño del pez, ya que se recomienda que el peso del transmisor sea como máximo equivalente al 2% del peso del pez.

Otro aspecto fundamental en los estudios de comportamiento que usan transmisores acústicos se refiere a los receptores. Si bien existen receptores móviles (remolcados) y fijos, son estos últimos los más usados para el caso de rayas, y específicamente el modelo VR2 de Vemco (Tabla 7). Por ejemplo, Frisk et al. (2019) han creado una red acústica de más de 300 km con 122 receptores, para establecer la primera observación de la migración de gran distancia de raya Leucoraja ocellata. Dicho trabajo da cuenta del máximo número de receptores acústicos desplegados en estudios de comportamiento de rayas, pero otros trabajos han usado cantidades menores, variables entre 4 y 67 unidades, asociados a los objetivos y cobertura espacial de cada investigación (Tabla 9).

Un ejemplo de esto son los trabajos realizados por Ramsden *et al.* (2017) para establecer patrones de residencia estacional de *Dasyatis sabina* en el estuario Florida, para lo cual usaron una red de más de 40 hidrófonos (receptores), o bien, el de Cerutti-Pereyra *et al.* (2014) para estudiar patrones de comportamiento de varias especies de rayas en el oeste de Australia usando para ello un arreglo de 51 receptores distribuidos en el área de estudio. Solo se identificó un trabajo que hace uso del sistema acústico activo remolcado (Vemco VR100), correspondiente al estudio documentado por Cartamil *et al.* (2003) en Hawai para estudiar las migraciones nictimerales de la raya gris *Dasyatis lata*.

Tabla 9. Estudios de marcaje de rayas mediante transmisores acústicos.

Fabricante	Tipo (activo/pasivo)	Transmisor	Peces con transmisor	Peces detectados	Detectados / Marcados (%)	Especies	Autores
Vemco	Pasivo VR2W (4 unid.)	V13	4	4	100	Sand-dwelling small-eyed (Raja microocellata), blonde ray (Raja brachyura).	Morel et al. (2012)
Vemco	Pasivo VR2W (51 unid.)	V13	16	16	100	Cowtail stingray (Pastinachus atrus), Porcupine ray (Urogymnos asperrimus), common shovelnose ray (Glaucostegus typus) y reticulate whipray (Himantura uarnak)	Cerutti-Pereyra et al. (2014)
Vemco	Pasivo VR2W (26 unid.)	V13	6	4	66.7	Freshwater whipray (Himantura dalyensis)	Campbell et al. (2012)
Vemco	Pasivo VR2W (15 unid.)	V13 y V16	40	40	100	Atlantic stingray (Dasyatis sabina)	Ramsden et al. (2017)
Vemco	Pasivo (s/i)	V9	2	2	100	Maugean skate (Zearaja maugeana)	Treolar et al. (2016)
Vemco	Pasivo (s/i)	V13 y V16	42	36	85.7	Cownose Rays (Rhinoptera bonasus)	Ogburn et al. (2018)
Vemco	Pasivo VR2 (40 unid.)	V8	21	17	81.0	Cownose Rays (Rhinoptera bonasus)	Collins et al. (2007)
Vemco	Activo VR100	V8	7	7	100	Hawaiian stingray (Dasyatis lata)	Cartamil et al. (2003)
Vemco	Pasivo VR2 (67 unid.)	V16	9	9	100	Manta ray (Manta alfredi)	Braun et al. (2015)
Vemco	Pasivo VR2W	s/i	20	20	100	Flapper skate (Dipturus cf. intermedia)	Neat et al. (2015)
Vemco	Pasivo VR2W (122 unid.)	V16	58	53	91.4	Winter Skate (Leucoraja ocellata)	Frisk et al. (2019)

1.2.3. Transmisores satelitales

La revisión realizada permitió identificar y caracterizar los estudios realizados empleando transmisores satelitales en especies de rayas. Cuatro de los cinco estudios documentados hacen uso de transmisores fabricados por Wildlife Computers, específicamente de los modelos MiniPAT y Mk10 (Tabla 10). El otro fabricante de etiquetas satelitales que ha sido usado en rayas corresponde a Lotek, con el modelo PSATLIFE para estudios de corta duración. Debido a las dimensiones y peso de estos transmisores, los ejemplares sobre los cuales han sido instalados son de tamaños medianos a grandes, con longitud total mínima de 55 cm (Tabla 11). Cuatro de las especies estudiadas mediante transmisores satelitales corresponden a rayas de la familia Rajidae (*A. radiata, A. hyperborea, B. binoculata y D. batis*) (Tabla 11; Fig. 13).

Tabla 10. Fabricante y modelos de transmisores satelitales usados para estudiar comportamiento de rayas

Modelo y marca del transmisor	Peces con transmisor	Peces detectados	Detectados / Marcados (%)	Duración	Autores
PSATLIFE-Lotek	75	61	81.3	28 días	Knotek et al. (2019)
MiniPAT-Wildlife Computers	9	3	33.3	40-100 días	Peklova et al. (2014)
Mk10 PSAT-Wildlife Computers	8	5	62.5	1 año	Farrugia et al. (2016)
Mk10 PSAT-Wildlife Computers	?	?	-	11 meses	Wearmouth & Sims (2009)
MiniPAT y Mk10 PSAT-Wildlife Computers	9	7	77.8		Braun et al. (2015)

Tabla 11. Especies y tamaños de los ejemplares que han sido etiquetadas con transmisores satelitales.

Modelo y marca del transmisor	Tamaño de los ejemplares	Especie		
PSATLIFE-Lotek	55 a 94 cm de longitud total	Thorny skate (Amblyraja radiata)		
MiniPAT-Wildlife Computers	62 a 74 cm de longitud total	Arctic skate (Amblyraja hyperborea)		
Mk10 PSAT-Wildlife Computers	110 a 177 cm de longitud total	Big skate (Beringraja binoculata)		
Mk10 PSAT-Wildlife Computers	125 a 200 cm de longitud total	Common skate (Dipturus batis)		
MiniPAT y Mk10 PSAT-Wildlife Computers	180 a 300 cm de ancho de disco	Manta ray (Manta alfredi)		

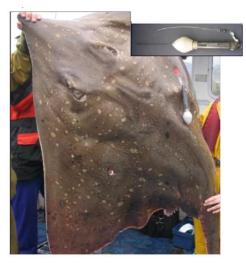




Figura 13. Ejemplares de rayas *Amblyraja radiata* (abajo) y *Dipturus batis* (arriba) con etiquetas satelitales del tipo pop-up.

Objetivo Específico 2

Proponer y ejecutar un o unos diseños experimentales de marcaje y/o recaptura que utilice las marcas o métodos de marcaje más apropiados, considerando aspectos técnicos y económicos para su posterior implementación.

2.1. Información biológico-pesquera de raya volantín y raya espinosa

2.1.1. Información biológico-pesquera

Conforme a la revisión de Vargas-Caro *et al.* (2015), las rayas volantín y espinosa se distribuyen en aguas templadas y frías de Sudamérica (Fig. 12), habitando la plataforma continental y el talud de la zona central de Chile, entre 14 y 477 m de profundidad. Según diversos autores, raya volantín se encuentra tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico, así como alrededor de las islas Malvinas (Koen *et al.*, 2001; García de la Rosa *et al.*, 2000; Lucifora *et al.*, 2000, Agnew *et al.*, 2000), mientras que raya espinosa es una especie endémica de la plataforma y el talud continental del sur de Chile y Argentina (Bustamante *et al.*, 2012). A diferencia de lo observado en el Atlántico, estas especies no han sido reportadas alrededor de islas oceánicas del sureste del Pacífico (Andrade & Pequeño, 2008).

Según Vargas-Caro *et al.* (2015), ambas especies tendrían una distribución latitudinal similar en Chile. Raya volantín se registra entre 32 y 56°S y existen registros dudosos al norte de Quintero, mientras que la presencia de raya espinosa se documenta a partir de especímenes recolectados en el centro y sur de Chile, para posteriormente incluir registros en aguas de la Patagonia y el sur austral de Chile, similar a lo observado en raya volantín (Fig. 14).

Antecedentes recientes indican que la distribución de raya volantín estaría restringida sólo al Pacífico sur, siendo una especie endémica de Chile. Conforme a los resultados obtenidos por Concha et al. (2019), los ejemplares del Atlántico corresponden a Dipturus lamillai sp. nov., y no a Dipturus (Zearaja) chilensis.

En términos de la distribución batimétrica, raya volantín y raya espinosa se encuentra entre 14 y 477 m de profundidad (Norman, 1937; Leible & Stehmann, 1987; Agnew *et al.*, 2000; Menni & Stehmann, 2000; Gomes & Picado, 2001; Bustamante *et al.*, 2014b), donde la mayor abundancia de ambas especies correspondería al rango de profundidad entre 150 y 350 metros. Raya espinosa alcanza tamaños superiores que raya volantín, con valores máximos registrados de 254 y 158 cm de longitud total, respectivamente. Al igual que el resto de especies de la familia Rajidae, estas especies son ovíparas, alcanzando la madurez en hembras a 94-104 cm LT en el caso de raya volantín, y cerca de 200 cm LT en el caso de raya espinosa.

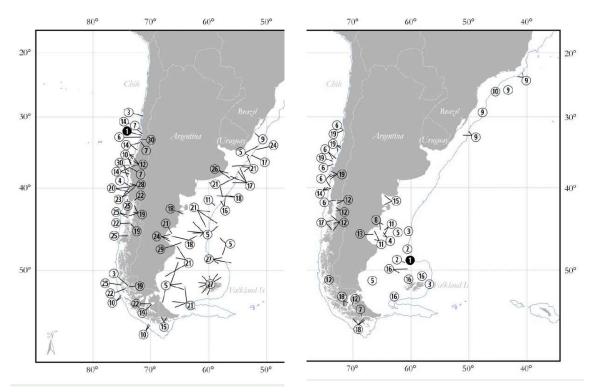


Figura 14. Distribución de raya volantín (*Zearaja chilensis*) (izquierda) y raya espinosa (*Dipturus trachyderma*) (derecha) en Sudamérica. Modificado de Vargas-Caro *et al.* (2015).

Se ha reportado que las hembras en rayas (Familia Rajidae) tiene la capacidad de almacenar esperma y postergar la implantación de embriones (Carrier *et al.*, 2004), por lo que el apareamiento previo a la migración de las hembras hacia las zonas de crianza es altamente probable (Lamilla *et al.*, 2016). Los huevos de ambas especies son de gran tamaño y la fecundidad es muy baja (Licandeo *et al.*, 2007; Bustamante *et al.*, 2012).

Lamilla et al. (2016) señala que, en general, la morfología de los huevos en ambas especies sugiere adaptaciones para un ambiente específico, debido a la ausencia de estructuras que faciliten su anclaje a estructuras asociadas al fondo marino. Los huevos están diseñados para facilitar su enterramiento parcial (no completo) en sedimento grueso o su deposición en arrecifes rocosos costeros (Concha et al., 2011). Bustamante et al. (2012) indica que muy pocas hembras maduras se han observado cerca de la costa, mientras que Lamilla et al. (2016) indica que la mayoría de los individuos capturados por la pesquería son juveniles provenientes desde zonas relativamente costeras.

Lamilla *et al.* (2016) y Vargas-Caro *et al.* (2017) señalan que al integrar la información biológica disponible de raya volantín y raya espinosa, existiría evidencia que las hembras maduras habitarían zonas diferentes a las zonas de pesca artesanal, y que buscarían ambientes costeros para depositar sus huevos como estrategias para maximizar la probabilidad de eclosión y posterior

supervivencia de juveniles. Dados los rasgos biológicos de estas especies, Vargas-Caro *et al.* (2017) señalan que es muy probable que las hembras maduras no habitan en los caladeros estudiados a lo largo de la costa chilena durante todo el año, sino que se mueven entre zonas de crianza costeras y hábitats de "adultos" en zonas exteriores. Las hembras maduras de rayas parecen ser visitantes transitorias de las zonas costeras para depositar sus cápsulas de huevo y es durante estas migraciones costeras que son particularmente vulnerables a la actividad pesquera.

Mediante análisis de ADN mitrocondrial, Vargas-Cano *et al.* (2017) sugieren la necesidad de establecer tres unidades administrativas para la pesquería de raya volantín, correspondientes a San Antonio-Valdivia, mar interior de Chiloé y Aysén, y Punta Arenas.

Según los registros del programa de seguimiento ejecutado por IFOP (datos entre 1997 y 2018), existen registros de actividad extractiva sobre raya volantín y raya espinosa que se extiende desde región de Coquimbo hasta la región de Magallanes y Antártica Chilena (Fig. 15). Ambas corresponden a las especies de elasmobranquios más capturadas en Chile (Gili, 1999; Céspedes *et al.*, 2005; Gálvez & González, 2012; Espíndola *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2017; 2018). En términos de volumen de captura, la pesquería se concentra en la zona ubicada al sur de la Unidad de Pesquería (SUP), comprendida entre el paralelo 41°28,6′S y la región de Magallanes (Pérez *et al.*, 2017).

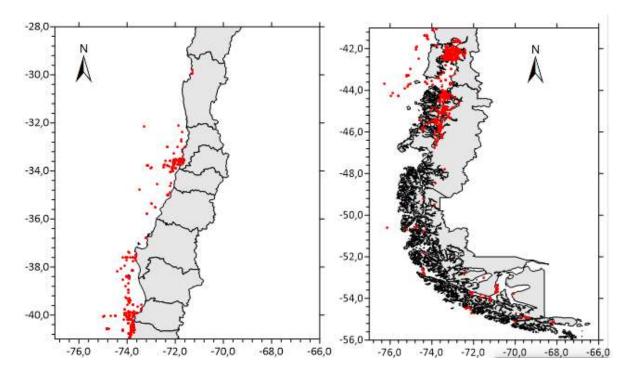


Figura 15. Áreas de pesca de raya volantín y raya espinosa entre 1997 y 2018. (Fuente: Programa de seguimiento - IFOP).

El Norte de la Unidad de Pesquería (NUP) comprende el área marina desde la Región de Coquimbo hasta la Región del Maule, en tanto la Unidad de Pesquería (UP) corresponde al área entre el norte de la Región del Ñuble y el paralelo 41°28,6'S (Fig. 16). En la figura, se muestran los principales puertos de desembarque de las tres zonas, siendo el más importante Bahía Mansa en la UP, y Puerto Montt, aguas interiores, Aysén y Pta. Arenas en el SUP.

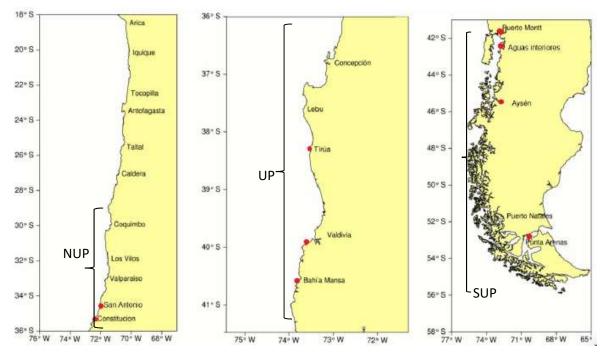


Figura 16. Principales puertos de desembarque para el Norte de la Unidad Pesquería (NUP), la Unidad de Pesquería (UP) y el Sur de la Unidad de Pesquería (SUP) (Fuente: Pérez *et al.*, 2017).

En términos de desembarques, desde 2003 se registra una abrupta disminución, hasta alcanzar en el año 2015 un mínimo de 18 toneladas, en tanto para 2016 el desembarque de raya volantín fue de 601 ton y 115 ton para raya espinosa. Cabe indicar que, en 2016, la cuota de captura de raya volantín establecida fue de 159 ton para la UP y 104 ton para el SUP, mientras que para raya espinosa fue de 30 ton en la UP y 20 ton en SUP. Para el año 2017, la autoridad fijó una veda extractiva para raya volantín y raya espinosa desde el 1° de abril hasta el 30 de noviembre, con una cuota de raya como porcentaje de fauna acompañante en las pesquerías de congrio dorado, merluza del sur y merluza común (Pérez *et al.*, 2017).

2.1.2. Antecedentes obtenidos a partir de estudios de marcaje

De acuerdo a la experiencia internacional, se sabe que algunas especies de rayas se caracterizan por presentar filopatría, es decir, una marcada tendencia a permanecer en el mismo territorio en el que nacieron. Lo anterior, junto con una tardía madurez sexual, relativamente baja fecundidad y largo ciclo de vida son condiciones que convierten a este grupo especialmente sensible a la explotación pesquera (Walker *et al.*, 1997; Dulvy *et al.*, 2000; Frisk *et al.*, 2001; Dulvy & Reynolds, 2002; Vargas-Caro *et al.*, 2015).

En Chile, sólo dos estudios han realizado avances acerca del uso de etiquetas para estudiar comportamiento y migraciones de rayas, correspondientes a los trabajos de Lamilla *et al.* (2010, 2011). En estos trabajos se utilizaron etiquetas del tipo Dart Tag, compuestas por un dardo de acero quirúrgico y un filamento de polietileno de color amarillo, el cual posee un código único para individualizar a los peces marcados. Entre ambos estudios, sólo se logró la recaptura exitosa de dos ejemplares con un desfase de tiempo de uno y ocho meses desde el momento de la liberación. Conforme a ello, se confirmó que el método puede ser implementado en estas especies, obteniéndose además información respecto a sus desplazamientos individuales, por cuanto la recaptura de ambos peces fue realizada en la misma zona de pesca, cuya distancia al punto de liberación fue de 4 millas náuticas como máximo. Aunque son pocos ejemplares, este comportamiento estaría apoyando la existencia de filopatría, lo cual debe ser estudiado y confirmado.

Más recientemente (Lamilla *et al.*, 2016; Vargas-Caro *et al.*, 2017) incorporaron técnicas genéticas en el estudio de poblaciones de ambas especies, estableciendo que, en el sur de Chile, en cinco locaciones ubicadas entre San Antonio y Punta Arenas, raya volantín muestra diferencias significativas entre las locaciones ubicadas fuera de la costa respecto a aquellas locaciones ubicadas en canales interiores. Según estos autores, esto plantea preocupación sobre la supervivencia a largo plazo de raya volantín dentro del mar interior, ya que la resiliencia de la población dependerá casi exclusivamente del auto reclutamiento.

2.2. Conocimiento empírico de pescadores

2.2.1. Levantamiento del conocimiento empírico de pescadores artesanales

Entre el 29 de enero y el 14 de febrero de 2020 se aplicaron encuestas y entrevistas a pescadores artesanales que han participado en la pesquería de rayas, específicamente entre las localidades de Bahía Mansa y Chiloé. Se encuestó a 34 personas, principalmente armadores y patrones de pesca con experiencia en la pesquería. Con mayor detalle, el área en la cual se aplicaron las encuestas abarca los principales puntos de desembarque y caletas de la Región de Los Lagos, específicamente a las caletas Anahuac, La Vega, Dalcahue, El Manzano, Palqui, Pichi Pelluco, Tenaún y Bahía Mansa.

Las encuestas tuvieron por propósito obtener el conocimiento de pescadores respecto a patrones de comportamiento de rayas en las áreas de pesca. Complementariamente, se recopilaron algunos antecedentes de la flota encuestada. A continuación, se presenta la información principal asociada a la muestra considerada, la que incluye 15 botes a motor y 19 lanchas con eslora entre 5,3 y 17,9 metros (media de 9,6 m), y potencia entre 15 y 420 HP (media de 106 HP) (Tabla 12).

Tabla 12. Características principales de la flota encuestada, experiencia del pescador y duración de los viajes de pesca.

Localidad	Caleta	Tipo de embarcación		Eslora (m)	Potencia (HP)	Experiencia (años)	Duración salidas
LUCAIIUAU	Caleta	Bote a motor	Lancha	min - max (media)	min - max (media)	min - max (media)	(días)
Bahía Mansa	Bahía Mansa	5		6.5 - 8.0 (7.6)	15 - 90 (54)	16 - 50 (33)	1
Pto. Montt	Anahuac	1	5	9.5 - 10.6 (9.9)	75 - 120 (102)	6 - 40 (29)	1 a 4
	Pichi Pelluco	2		5.3 - 6.0 (5.6)	15 - 15 (15)	30 - 30 (30)	1
Contao	Caleta El Manzano	3	2	7.3 - 8.6 (7.9)	40 - 90 (53)	27 - 30 (29)	1 a 2
Hualaihué	Hualaihué Puerto	1		8.3 - 8.3 (8.3)	55 - 55 (55)	40 - 40 (40)	1
Calbuco	La Vega		1	9.4 - 9.4 (9.4)	140 - 140 (140)	30 - 30 (30)	1 a 3
Chiloé	Dalcahue		6	11.0 - 17.9 (13.5)	140 - 420 (211)	12 - 40 (27)	1 a 8
	Tenaún	1	4	6.8 - 11.9 (10.0)	50 - 280 (127)	20 - 30 (26)	1 a 6
	Isla Llingua - Palqui	3	1	7.0 - 14.6 (9.6)	40 - 272 (101)	20 - 40 (25)	1 a 3
Total	·	15	19	5.3 - 17.9 (9.6)	15 - 420 (106)	6 - 50 (29)	1 a 8

El aparejo de pesca mayormente usado corresponde al espinel el cual emplean 33 de los 34 pescadores encuestados (Tabla 13). Bahía Mansa es la única localidad de la Región de los Lagos en que se mencionó el uso de red de enmalle, aunque se destaca que no es exclusivo el uso de este arte de pesca ya que también se menciona el uso de espinel (Tabla 13). La longitud de las redes fluctúa entre 400 y 1200 m, mientras que la longitud del espinel fluctúa entre 1000 y 11000 metros, generalmente usados en secciones. El número de anzuelos totales por viaje fluctúa entre 1050 y 9000 anzuelos (Tabla 13).

Tabla 13. Artes y aparejos de pesca usados según cada localidad. Lred: longitud de la red.

Localidad	Caleta		Red		Espinel			
Localidad	Caleta	Usa red	Lred (m)	Usa espinel	Long. esp (m)	Anzuelos totales		
Bahía Mansa	Bahía Mansa	4	400 - 1200 (825)	4	2000 - 4000 (3000)	3500 - 4500 (4000)		
Pto. Montt	Anahuac	0		6	2000 - 3500 (3000)	2000 - 3000 (2580)		
	Pichi Pelluco	0		2	1800 - 1800 (1800)	1050 - 1100 (1075)		
Contao	Caleta El Manzano	0		4	2000 - 2500 (2170)	2500 - 5000 (3750)		
Hualaihué	Hualaihué Puerto	0		1	4500 - 4500 (4500)	2500 - 2500 (2500)		
Calbuco	La Vega	0		1	3000 - 3000 (3000)	2400 - 2400 (2400)		
Chiloé	Dalcahue	0		6	1000 - 11000 (4560)	4000 - 9000 (5500)		
	Tenaún	0		5	2000 - 2500 (2200)	1250 - 2500 (1850)		
	Isla Llingua - Palqui	0		4	2000 - 7000 (3250)	2000 - 4750 (2690)		
Total		4	400 - 1200 (825)	33	1000 - 11000 (3090)	1050 - 9000 (3200)		

En cuanto a las zonas de pesca, el 80% de los pescadores encuestados indica que existen diferencias en el patrón de distribución de rayas durante el año. La pregunta fue realizada por especie, no obstante, la mayoría de las respuestas fue general para raya volantín y raya espinosa. Entre las respuestas más frecuentes está que las rayas se distribuyen en fondos fangosos, y que tienden a ubicarse en zonas más someras durante la temporada de verano y en zonas más profundas en el invierno (60 % de las respuestas). En general, la distribución batimétrica señalada fluctúa entre aguas someras (<50 m) hasta aguas profundas (~400 m), no obstante, el rango más frecuente en las respuestas fluctúa entre 150 y 300 m (Fig. 17). También se destaca que cerca del 30% de los entrevistados señala que estas especies manifiestan "estrés por pesca" y que existe "agotamiento

de caladeros", razón por la cual tienden a evitar zonas con elevada actividad de pesca sobre el recurso.

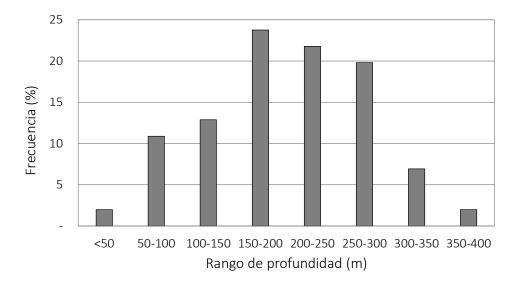


Figura 17. Distribución de la operación de pesca por rangos de profundidad según datos proporcionados por los pescadores encuestados.

2.2.2. Zonas identificadas y sus características

Con el propósito de establecer áreas de interés para el desarrollo de un programa de marcaje y seguimiento de las especies de raya volantín y raya espinosa, se realizó un análisis de las zonas de distribución conocidas en las regiones del Biobío, Los Lagos y Aysén, esto basado en la recopilación de distintos antecedentes de distintas fuentes, tales como encuestas, entrevistas, cartas náuticas, estudios previos y en registros del programa de seguimiento que ejecuta el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

Región del Biobío

La Región del Biobío forma parte de la UP, y aunque su aporte en los desembarques es menor, su ubicación geográfica lo hace un sector interesante para determinar conectividad con áreas lejanas. Los principales puertos de desembarque de la región han sido Lebu y Tirúa. El puerto de Lebu presenta mayores registros de desembarque, y su flota históricamente visita el área ubicada entre Punta Lavapié y el límite sur de la Región para la captura de rayas, siendo los caladeros que se ubican a la cuadra de Isla Mocha los que presentan mayores rendimientos (SP Consultores, 2012).

En términos de batimetría y configuración del fondo marino, la plataforma continental del área es más estrecha entre Pta. Lavapié y el norte de isla Mocha. Al norte de Isla Mocha, se observa una depresión perpendicular a la línea de costa, los veriles entre Pta. Lavapié y dicha depresión, se encuentran más cerca de la costa que el tramo de plataforma al sur de isla y el límite regional, donde la plataforma es algo más ancha entre los veriles de 100 y 200 metros de profundidad.

En términos operacionales, mediante entrevistas realizadas a patrones de pesca del Puerto de Lebu, se estableció que la operación se realiza tanto por botes como lanchas, empleándose mayoritariamente redes y en menor grado espineles. Los resultados expuestos por SP Consultores (2012) coincide con lo registrado en las entrevistas, aunque la actividad se ubica algo más al sur desde Pta. Lavapié (Fig. 18). En términos de profundidad de operación, la actividad se ubica mayormente entre 100 y 350 metros de profundidad, mientras que en entrevistas se señala hasta 200 brazas (360 m) (SP Consultores, 2012).

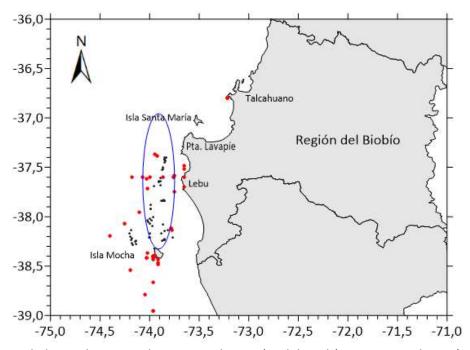


Figura 18. Caladeros de pesca de raya en la región del Biobío. En rojo, ubicación de lances identificados por IFOP entre 1997 y 2018. En negro, lances registrados por SP Consultores (2012). El óvalo azul indica el área delimitada como zona de pesca por pescadores de Lebu (entrevistas).

Respecto de las capturas, los usuarios describen la presencia de ambas especies de raya, con una mayor proporción de raya volantín. Espacialmente, hacen especial énfasis en que en el sector Norte (cercano a Punta Lavapié), es mayor la presencia de raya espinosa, en tanto en las inmediaciones de la Isla Mocha la proporción se invierte siendo mayor la proporción de raya volantín. En relación a la proporción de captura entre ambas especies de raya, se indicó que en un 90% corresponde a raya volantín y un 10% a raya espinosa, lo cual es consistente con resultados obtenidos por SP Consultores (2012).

En cuanto a su tamaño, los ejemplares de raya volantín corresponden a individuos de pesos entre 8 y 10 kg¹ según la entrevista, mientras que los ejemplares de raya espinosa presentarían un amplio rango de tamaños que iría desde ejemplares pequeños de 1 kg a ejemplares con pesos superiores a 40 kg. La composición por sexo estaría dominada por hembras en ambas especies, con una importante proporción de ejemplares inmaduros (SP Consultores, 2012).

Región de Los Lagos

El área total se subdividió en siete zonas correspondientes al seno de Reloncaví (1), Golfo Ancud a Punta Chumilden (2), Archipiélago de Chiloé (3), centro-sur del mar interior de Chiloé (4), boca del Guafo (5), mar exterior de Chiloé (6) y Bahía Mansa (7) (Fig. 19). Se contabilizó las veces que estas zonas fueron identificadas como áreas de pesca tanto de botes como lanchas encuestadas. Cabe destacar que debido a la autonomía de las embarcaciones una misma embarcación puede visitar más de una zona y/o definir varios caladeros en una misma zona. Las zonas 1 a 5 de la figura anterior son consistentes con aquellas identificadas por Céspedes *et al.* (2005; FIPA 2003-12), que corresponden a Reloncaví, Golfo de Ancud, Chiloé, Corcovado y Guafo (Fig. 20).

Adicionalmente, se utilizaron datos del programa de seguimiento proporcionados por IFOP, con el fin de comparar y validar los caladeros o áreas identificadas. Dado que la información corresponde a una data sin proceso, los registros fueron validados, excluyéndose caladeros con localizaciones a partir de referencias en tierra, y se contabilizaron solo aquellos registros de posición que no presentaron solapamiento, considerando que aquellos puntos solapados correspondían a un mismo caladero.

•

¹ A modo de referencia, desconociendo el sexo de los ejemplares retenidos, y usando parámetros de relación longitud-peso de Licandeo & Cerna (2007), corresponderían a ejemplares de longitud superior de 100 cm LT.

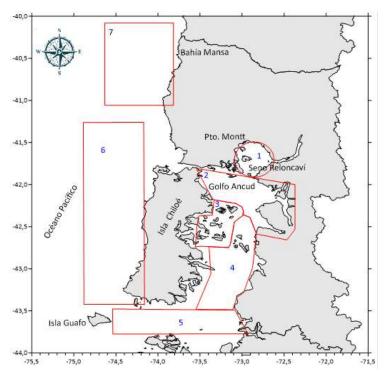


Figura 19. Área de estudio y subdivisiones de los sectores de operación de lanchas y botes encuestados.

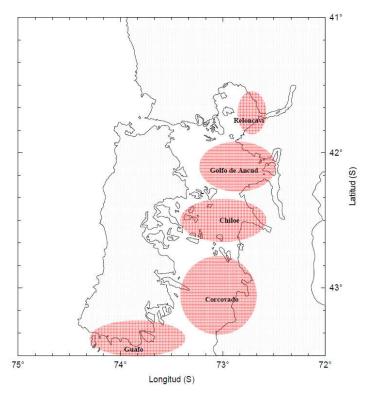


Figura 20. Distribución de las zonas de pesca artesanal de raya en aguas interiores según Céspedes *et al.* (2005) (FIPA N° 2003-12).

Finalmente, con el objeto de determinar si existían diferencias significativas entre la información obtenida mediante encuestas durante este estudio y aquella generada en el marco del seguimiento de IFOP, se llevó a cabo una prueba de diferencia de proporciones, considerando una significancia de 5%. De las encuestas se obtiene un total de 100 caladeros en el sector de Chiloé y dos en bahía Mansa, mientras que del plan de seguimiento se obtienen un total de 241 caladeros para Chiloé y dos para bahía Mansa (Tabla 14). Las zonas 2, 3 y 4, correspondiente a todo el mar interior de Chiloé, son las más visitadas por los encuestados, presentando en conjunto el 79% de los caladeros del sector, similar a lo observado por IFOP, que incluye el 85% de los caladeros, aunque las proporciones son diferentes en algunos casos (Tabla 14).

Tabla 14. Frecuencia con la que un área es identificada como zona de pesca tanto en las encuestas realizadas como por el programa de seguimiento de IFOP.

		IFOP		Encuestas		Test de Proporciones	
Zona	Hitos	Caladeros	F.O. %	Caladeros	F.O. %	Zprueba	Test pp
1	Seno de Reloncaví	12	4,78	9	15,52	-2,92	RECHAZO
2	Golfo de Ancud	94	37,45	18	31,03	0,95	ACEPTO
3	Archipiélago Achao	88	35,06	10	17,24	2,67	RECHAZO
4	Centro-sur mar Interior de Chiloé	24	9,56	11	18,97	-2,02	RECHAZO
5	Boca del Guafo	12	4,78	4	6,90	-0,65	ACEPTO
6	Sector Exterior Chiloé	11	4,38	4	6,90	-0,79	ACEPTO
7	Bahía Mansa	10	3,98	2	3,45	0,21	ACEPTO
Total		251	100	58	100		

A continuación, se entrega una caracterización de dichas áreas y algunos antecedentes que proporcionaron los pescadores que pueden ser relevantes para la comprensión de patrones de comportamiento de estas especies.

Golfo Ancud, Fiordo Comau y Estero Quintupeu (Zona 2). Corresponde a la zona más visitada por la flota encuestada. El sector cubre un área total de 2.200 km², y la profundidad del fondo marino en el sector varía entre 30 a 350 m. El Golfo de Ancud, es una extensa zona abierta con 66 km en su radio más ancho y 40 km en su radio menor, donde operan principalmente botes artesanales y en menor grado lanchas. Según los encuestados, las capturas están mezcladas, pero domina en abundancia raya volantín sobre raya espinosa. Al norte del área, colindante con el seno Reloncaví en Isla Tabón, los pescadores destacan la presencia de ejemplares de pesos medios entre 12 y 15 kg², mientras que frente a Pta. Hualaihué se observarían ejemplares más pequeños, de entre 5 y 12 kg³ (Fig. 21).

² Correspondería a ejemplares de una longitud media variable entre 120 y 130 cm LT.

³ Correspondería a ejemplares de una longitud media variable entre 90 y 120 cm LT.

Al este del Golfo se ubica un sector semicerrado conformado por esteros y fiordos cuya morfología submarina se debe a antiguos glaciares. Al interior de esta área, se observan dos sectores particularmente interesantes. El primero se ubica al sur de Isla Llancahue, correspondiente a la boca del Fiordo Comau y el fiordo propiamente tal (Fig. 8), que corresponde a un sector semi-cerrado donde operan frecuentemente naves artesanales, siendo identificado como un sector de presencia de rayas grandes, mayores de 40 kg. El fiordo en su cabeza presenta profundidades cercano a los 200 m y en su boca al norte y sur de isla Liligüapi alcanza profundidades de 480 m, presentando anchos entre 5 km y 2,5 kilómetros, con una extensión total de 40 km. El segundo punto de interés corresponde al estero Quintupeu, igualmente con presencia de ejemplares con pesos superiores a 40 kg. Dicho estero presenta una extensión mucho menor, equivalente a 7 km, y un ancho máximo de 1 km. Sus profundidades oscilan entre 80 y 115 metros.

En términos de composición de especies, en toda esta área se presentan tanto raya volantín como raya espinosa, pero en proporciones de 4:1, respectivamente.

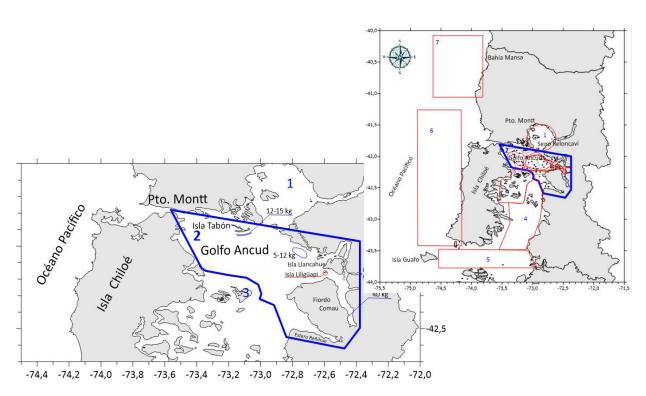


Figura 21. Arriba: En azul área de operación correspondiente al polígono 2, Golfo de Ancud, Fiordo Comau, Estero Quintupeu y Estero Riñihue. Los puntos negros corresponden a caladeros provenientes del programa de seguimiento de IFOP y las líneas rojas al interior del polígono azul corresponden a los sectores identificados por los encuestados. Abajo: detalle del área.

Archipiélago entorno a Achao (Zona 3). Esta zona se caracteriza por presentar canales anchos de entre 4 y 13 kilómetros, con profundidades máximas de 200 metros aproximadamente, limita al norte con el golfo de Ancud y hacia el sur se abre al mar interior de Chiloé. En el sector operan tanto lanchas como botes, concentrándose al norte de isla Quinchao, al oeste de isla Meullín y Quenac, siguiendo el borde oriental de Isla Chiloé hacia el golfo de Ancud y rodeando el perímetro exterior de las Islas Buta Chauques, Mechuque, Aulin, Cheniao y Añihue (Fig. 22). En toda el área se captura tanto raya volantín como raya espinosa. La mayor proporción corresponde a raya volantín con frecuencias de captura mayor al 60% alcanzando valores de hasta 95% de las capturas, mientras que raya espinosa alcanza capturas de hasta el 40%.

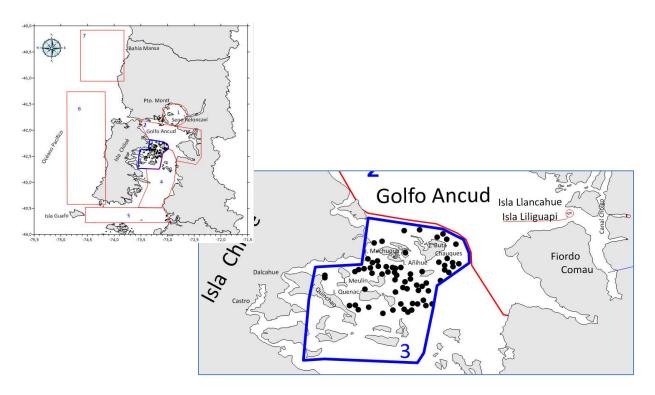


Figura 22. En azul área de operación correspondiente al polígono 3 archipiélago de Achao, los puntos negros corresponden a caladeros provenientes del PS-IFOP. Abajo: detalle del área.

Centro-sur del mar interior de Chiloé (Zona 4). En el caso del canal central del mar interior de Chiloé, este es utilizado mayormente por lanchas cubriendo un área cercana a los 1.800 km² con profundidades promedio de 200 m. Al sur la zona limita con el golfo Corcovado con profundidades máximas de 300 m (Fig. 23). Esta zona se caracteriza por ser un sector muy abierto y de gran amplitud. Aunque los pescadores identifican toda el área al norte y sur de las islas Desertores como zona activa de pesca, el programa de seguimiento de IFOP, centra la actividad al norte de las islas (Fig. 23).

Las capturas de rayas en esta área, según las entrevistas realizadas a los pescadores, sería mezclada y estaría dominada en gran medida por raya volantín (90%) y solo un bajo porcentaje correspondería a raya espinosa (10%). En cuanto a tallas, según los entrevistados el peso de los ejemplares correspondería a ejemplares de tallas pequeñas a medianas para ambas especies, con pesos de entre 5 y 15 kg⁴.

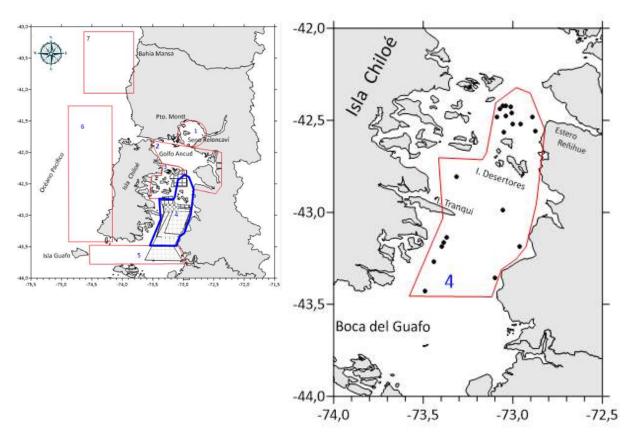


Figura 23. A la izquierda en azul área de operación correspondiente al polígono 4, centro del mar interior de Chiloé. A la derecha, los puntos negros corresponden a caladeros provenientes del programa de seguimiento de IFOP.

Seno de Reloncaví, boca del Guafo y aguas exteriores de Chiloé (Zonas 1, 5 y 6). Estas tres zonas corresponden a aquellas menos visitadas por los encuestados (Fig. 24). La zona 1, correspondiente al seno de Reloncaví, posee un área de 880 km², su eje mayor mide aproximadamente 40 km, su eje menor 14 km, y presenta profundidades entre 250 y 470 m. Esta zona fue identificada en cuarto lugar en términos de interés por parte de los pescadores, es visitada principalmente por pescadores de caleta Anahuac, mayormente lanchas. La pesquería se centra al norte y este de isla Guar y en mucho menor grado al interior del estero Reloncaví (Fig. 24). Se reporta la presencia de ambas especies de raya, aunque la raya volantín puede ser capturada en proporciones de entre 15:1 y 19:1.

_

⁴ Correspondería a ejemplares de una longitud media variable entre 90 y 130 cm LT.

Finalmente, **las zonas 5 y 6**, correspondientes a la Boca del Guafo y el sector exterior de Chiloé (hasta Llico Bajo, a 53 kilómetros al norte de Canal Chacao), son las zonas menos veces identificadas como áreas de pesca por los encuestados, y en su gran mayoría operan solo lanchas. Estas zonas cubren un área amplia, de 15.000 km², con profundidades de entre 30 y 260 m. Las capturas de raya son mezcladas, con predominio claro de raya volantín. Los ejemplares capturados corresponden a ejemplares de entre 4 y 15 kg⁵, predominando los más pequeños, entre 5 y 8 kg⁶.

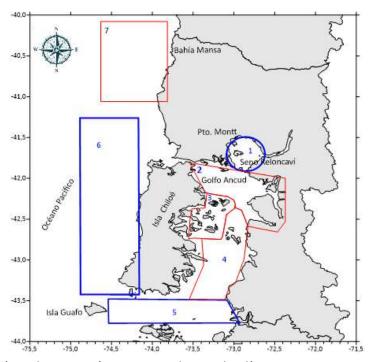


Figura 24. En azul área de operación correspondiente al polígono 1, 5 y 6. Seno de Reloncaví, Boca del Guafo/Golfo Corcovado y Mar exterior de Chiloé.

Bahía Mansa (Zona 7). En esta zona se identifican dos caladeros de pesca, al norte y sur de bahía (Fig. 25). Dicho sector cubre un área de aproximadamente 500 km², con profundidades de 150 a 300 m. En esta zona las capturas presentan una mayor frecuencia de raya volantín, no obstante, hay evidencia de captura de ambas especies. En algunos casos, los encuestados destacaron que la zona presenta sólo captura de esta última. En cuanto a tallas, el caladero norte se caracteriza por presentar una mayor proporción de rayas grandes, mientras que el caladero ubicado al sur estaría compuesto por una mayor proporción de ejemplares pequeños.

63

⁵ Correspondería a ejemplares de una longitud media variable entre 85 y 130 cm LT.

⁶ Correspondería a ejemplares de una longitud media variable entre 90 y 105 cm LT.

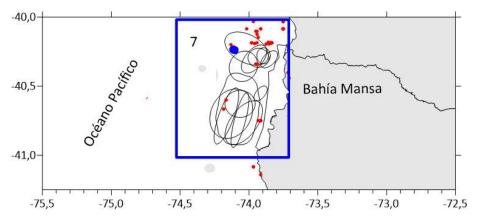


Figura 25. En azul, el área de operación correspondiente al polígono de Bahía Mansa (7). Los óvalos negros, corresponde a la información levantada a través de las encuestas, los puntos rojos corresponden a la información proveniente del programa de seguimiento (1997-2019) y los puntos azules a caladeros identificados por Lamilla *et al.* (2011).

Región de Aysén

Aunque la región de Aysén no está incluida en los términos de referencia del proyecto, se consideró pertinente incluir algunos antecedentes dada la importancia de esta región en los desembarques. En dicha región, la actividad pesquera se centra principalmente en el canal Moraleda y en los extremos orientales de los canales adyacentes, canal Jacaf, canal Puyuhuapi, seno Aysén y en menor grado al sur de isla Traiguén en el estero Elefante, Quitralco y Cupquelán (Fig. 26). El canal Moraleda tiene una extensión aproximada de 170 km con un ancho máximo de 26 kilómetros, abarcando un área cercana a los 3.000 km². La batimetría del sector es variable con presencia de fuertes depresiones e importantes constricciones, alcanzando profundidades máximas de 430 m (Fig. 27). De los canales adyacentes, el canal Jacaf y la entrada al canal Puyuhuapi, presentan importantes depresiones transversales, las que son usadas habitualmente como caladeros según el registro del programa de seguimiento de IFOP (Fig. 26). Más al sur, el seno Aysén es utilizado ocasionalmente como zona de pesca mientras que, al sur del mismo, en las caras oriental y occidental de isla Traiguén (Fig. 26), se observa un mayor número de caladeros a las afueras del estero Quitralco y norte del estero Elefante hacia el canal Darwin. Ambos sectores presentan profundidades no mayores a los 300 metros, de entre 180 y 280 m principalmente.

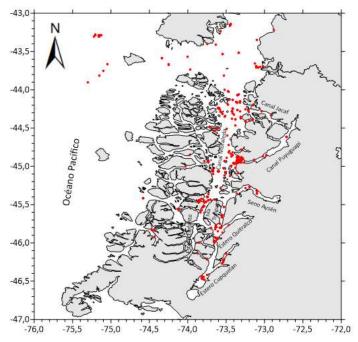


Figura 26. Ubicación de los caladeros de pesca de raya volantín y raya espinosa en la región de Aysén. Los puntos corresponden a caladeros provenientes del programa de seguimiento de IFOP (1997-2019).

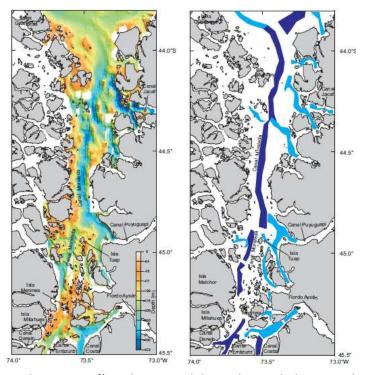


Figura 27. A la izquierda, topografía submarina del canal Moraleda y canales adyacentes, a la derecha principales depresiones submarinas en azul oscuro las longitudinales y oblicuas en azul claro. Fuente: Rodrigo (2008).

2.2.3. Otros hechos destacables

Las entrevistas realizadas a pescadores también incluyeron preguntas asociadas a marcas naturales, inducidas u otros medios que pudieran asociarse a seguimiento de ejemplares y sobrevivencia post-devolución. El 76% de los entrevistados señaló haber capturado ejemplares con algún tipo de marca, mientras que el 24% restante respondió de manera negativa. En términos del tipo de marca específica, lo más frecuente es la captura de rayas con anzuelos en el hocico, y en menor proporción ejemplares con cicatrices, laceraciones o cortes en aletas.

Un pescador de Dalcahue comentó que él marcaba las rayas pequeñas realizando un corte o sacado en las aletas, para luego devolverlas. Al cabo de algunos años, recapturó ejemplares con las marcas que realizó en las aletas. Un hecho comparable fue informado por un pescador de Lebu, quien señaló que un ejemplar de raya volantín con una marca en una aleta diferenciable ("como mordida por un tiburón") fue capturada, y al cabo de algunos años de liberada, fue recapturada por la misma embarcación.

Lo anterior, que puede ser considerado anecdótico, tiene relevancia para los propósitos de este estudio y de posibles programas de marcaje en el futuro. Por una parte, es posible reconocer que estas especies <u>sobreviven a la liberación</u> tal como se conoce para otras especies de la familia Rajidae. Esto, que puede parecer obvio, sirve de base para establecer que estas especies pueden ser candidatas a ser estudiadas mediante técnicas de marcaje. Además, el hecho que exista recaptura de ejemplares, ya sea con anzuelos, marcas naturales o marcas inducidas, es útil para conocer que los pescadores pueden identificar marcas y etiquetas, y que es probable la <u>recaptura de peces marcados</u>. Por último, que luego de varios años se logre recapturar peces que fueron marcados, se puede vincular con fidelidad por un área (<u>posible filopatría</u>).

2.3. Síntesis de antecedentes de comportamiento y migraciones

Con el propósito de acotar las interrogantes respecto a la(s) hipótesis que son plausibles de responder mediante un programa de marcaje de rayas en Chile, se realiza en primer lugar una síntesis de los antecedentes que podrían orientar trabajos futuros. Estos corresponden a:

- 1° Filopatría: Vargas-Caro et al. (2017) señalan que, si bien la filopatría está bien reconocida en diversas especies de elasmobranquios, no existe evidencia suficiente para establecer que se trata de una característica general en rayas. Existe evidencia preliminar que podría ir en esta dirección, correspondiente a la recaptura de 2 ejemplares de raya volantín en estudio realizado por Lamilla et al. (2011) y la recaptura de ejemplares con marcas naturales y/o inducidas en pesca artesanal en Lebu y Dalcahue.
- 2° Unidades poblacionales: No existen unidades poblaciones identificadas en Chile. Sin embargo, cierta evidencia (DNA mitocondrial) indicaría que raya volantín de aguas exteriores (por

- ejemplo, San Antonio y Valdivia) presentaría diferencias de aquellas provenientes de aguas interiores (Chiloé y Aysén).
- 3° Historia de vida: Se han establecido diferencias en parámetros de historia de vida entre zonas para raya volantín. Licandeo & Cerna (2007) identificaron parámetros de crecimiento diferentes entre ejemplares de fiordos del sur (42 a 46°S) y fiordos patagónicos (51 a 54°S). A su vez, estos resultados serían diferentes al crecimiento de ejemplares de la zona central.
- 4° Distribución batimétrica: Ambas especies presentan una distribución batimétrica amplia (15 a 477 m), con superposición parcial en algunas zonas, y mayor abundancia entre 150 y 300 m.
- 5° Hábitat: Pescadores reconocen que una condición necesaria para la captura de raya volantín y raya espinosa es la identificación de zonas con fondos fangosos.
- 6° Migración estacional: Si bien no es una regla general, la mayoría de los pescadores señala que ambas especies son capturadas en aguas más someras en verano y aguas más profundas en invierno. Lo anterior puede estar parcialmente relacionado con las migraciones sugeridas por Vargas-Caro et al. (2017), en que las hembras se desplazarían entre zonas costeras y zonas distantes de costa.
- 7° Zonas típicas estratificación espacial: Pescadores identifican zonas donde existe mayor frecuencia de ocurrencia de rayas de ciertos tamaños y zonas donde es posible encontrar ambas especies de manera simultánea. De manera contraria, se identifican zonas con presencia exclusiva de una especie y tamaños combinados.

En base a lo anterior, y dada la relevancia que tiene la identificación de unidades poblacionales para el manejo pesquero, se establece como primera prioridad las pruebas dirigidas al uso de técnicas de marcaje que permitan estudiar migraciones y conectividad. Debido al carácter exploratorio del presente trabajo, es fundamental establecer correctamente el método de marcaje a utilizar y la zona geográfica donde es factible y conveniente realizar las pruebas.

2.4. Selección de zonas y métodos de marcaje

2.4.1. Etiquetas externas convencionales

Las etiquetas externas convencionales del disco Petersen (Floy Tag) corresponden a un método simple de marcaje, el cual ha sido ampliamente utilizado en diversas especies de rayas para estudio de patrones de comportamiento. Para aumentar la probabilidad de recaptura y obtener información útil, es fundamental disponer de tamaños de muestra elevados y de un programa estable de recaptura. No obstante lo anterior, dada el estado de situación de estos recursos, las bajas cuotas anuales de captura y el escaso tiempo en el que la pesquería está abierta a lo largo del año, es inviable realizar un programa piloto de marcaje que resulte exitoso. Sin embargo, y para cumplir con las pruebas comprometidas, se aplicaron marcas del tipo disco Petersen solo a aquellos ejemplares que fueron capturados y liberados en las pruebas de otros métodos de marcaje, lo que

correspondió a 50 ejemplares de raya. Además, el uso de estos discos permite la instalación de transmisores acústicos y satelitales en los peces.

Se realizó la difusión de la información para obtener datos de posibles recapturas durante la temporada 2021. Se solicitó que, al momento de ser recapturado algún ejemplar marcado, se registre la fecha y lugar de captura (posición geográfica), código del ejemplar en disco Petersen y la longitud total. Cada disco contó con un código único y un número de teléfono para informar acerca de la recaptura.

2.4.2. Transmisores acústicos

Los sistemas acústicos de marcaje pueden ser usados como sistemas de seguimiento activo o pasivo. En su forma pasiva, requieren una red de hidrófonos en las posibles rutas de migración de los recursos en estudio, lo que requiere conocimiento previo de la especie y encarece de forma importante cualquier plan de seguimiento. En su forma activa, los ejemplares marcados con etiquetas acústicas se localizan con una embarcación provista de un hidrófono direccional u omnidireccional. Esta es una opción interesante y altamente viable en especies con desplazamientos de pequeña escala.

Se operó con un total de 15 transmisores acústicos de la marca Vemco, modelo V16, los que fueron utilizados para marcaje y seguimiento pasivo. Estos transmisores pueden ser detectados mediante un receptor (hidrófono) que estará fijo (anclado) en el fondo marino, correspondiente al modelo VR2W de la empresa Vemco. Debido a la gran amplitud de distribución de ambas especies, las restricciones de tiempo y las limitaciones propias del método (p.ej. alcance), se restringe la operación a áreas más acotadas, semicerradas, con rangos de profundidad menor a 500 m, que puedan ser cubiertas con una red de hidrófono relativamente pequeño, con un costo operacional bajo y que a su vez sea factible de llevar a cabo bajo el régimen de pesca de investigación. Por lo anterior, se proponen zonas que, dadas sus características y el carácter de la operación, se consideran más adecuadas para la aplicación y prueba en Chile de este método de marcaje (Tabla 15).

En primer lugar, se identifica que el sector de aguas exteriores entre Punta Lavapié (región del Biobío) y la boca del Guafo (región de Los Lagos) es demasiado extenso y expuesto, por lo cual se descarta como posible zona para realizar pruebas con transmisores acústicos basado en detección fijos con pocos receptores. Esto no descarta el método acústico en esta zona, sin embargo, posiblemente sería necesario establecer una red de hidrófonos fijos (anclados) en el fondo marino para tener éxito de detección. Del mismo modo, algunos sectores del mar interior de Chiloé (por ejemplo, las zonas 3 y 4), canales mayores y esteros abiertos al océano interior, también se descartan en una actividad piloto por temas operacionales asociados a la cobertura posible de realizar en este proyecto.

La Zona 1, aunque cumple con buena parte de los requisitos, es un sector de baja importancia relativa para la actividad, por lo que no se considera para estas pruebas (Tabla 13). Así, la zona 2 presenta mayor aptitud relativa para el empleo de marcas acústicas. A nivel de micro localización, al sur de Isla Llancahue, el estero Comau (Sector este de la zona 2) fue descrito por algunos usuarios como zona con presencia de ejemplares de rayas con tallas medianas a grandes (> 40 kg). A su vez, la cabeza del estero presenta profundidades cercanas a 200 m, mientras que en su boca al norte y sur de isla Liligüapi las profundidades alcanzan 480 metros, lo cual permitirá probar el método dentro del rango de detección de los transmisores acústicos (Tabla 15). El ancho promedio del estero Comau es de cuatro kilómetros con un ancho máximo de cinco kilómetros en su lado norte y de 2,5 kilómetros en la cabeza del mismo, su extensión total es de 40 kilómetros. Además, este sector fue identificado como uno de los caladeros utilizados recurrentemente por pescadores artesanales del sector.

Tabla 15. Características generales para la elección de zona en la utilización de marcas acústicas. RV: raya volantín. En negrilla se destaca la zona seleccionada.

Zona	Presencia de zonas > 500 m	Zona semi-cerrada	Bajo costo operacional	Abordable en el tiempo del proyecto	Importancia relativa	Presencia de ambas especies
1	No	Si	Si	Si	Baja	> RV
2	No	Si	Si	Si	Alta	> RV
3	No	Si	No	No	Alta	> RV
4	No	No	No	No	Alta	> RV
5	Si	No	No	No	Baja	> RV
6	Si	No	No	No	Baja	> RV
7	Si	No	Si	No	Ваја	> RV

2.4.3. Transmisores satelitales (PSAT)

Se utilizaron 10 marcas satelitales tipo Pop-Up modelo sPAT 355 de Wildlife Computers Inc. Las etiquetas emergentes de archivo satelital (o PSAT) incorporan un transmisor satelital diseñado para registrar el comportamiento y el uso del hábitat de las especies marinas. Una vez desplegada adecuadamente, la etiqueta funciona de manera autónoma, recolectando y archivando datos de presión (profundidad), temperatura y nivel de luz en una serie de tiempo.

La ventaja de estas etiquetas es que no necesitan ser recuperadas para acceder a los datos, permitiendo incluso obtenerlos de peces que mueren, lo que a menudo es tan importante como obtener datos solo de los sobrevivientes Thorstad *et al.* (2013). Debido a lo anterior, estas etiquetas pueden ser de gran utilidad en áreas abiertas donde un seguimiento activo no es posible, o donde la probabilidad de que ejemplares marcados realicen desplazamientos importantes a zonas más lejanas sea alta y a su vez permita explicar conectividad entre sectores distantes.

Es debido a esto, se propusieron las localidades de Lebu, Bahía Mansa y el Mar interior de Chiloé, cercano a la zona en que se llevará a cabo el marcaje acústico en las afueras del estero Comau, como sectores para realizar el marcaje con las etiquetas satelitales. Al respecto, Lebu representa una pequeña flota que poco aporta en términos de desembarque a la captura total de rayas. Sin embargo, su ubicación al norte de la Unidad Pesquería, en un sector de océano abierto, impide el uso de marcas tipo sónicas para seguimiento activo, convirtiendo a este puerto en un sector de interés en términos de estudios de desplazamientos de gran amplitud para raya. Igualmente, la cercanía de los caladeros, el fácil acceso a la ciudad y el menor costo de trabajar con botes artesanales, con experiencia en la pesquería, hace de este un punto accesible para el uso de marcas satelitales.

Bahía Mansa, el principal puerto de desembarque de la UP, se ubica frente a un sector abierto y expuesto, lo que lo descarta como un sector apto para el uso de marcas acústicas. Al mismo tiempo, las potenciales rutas de desplazamiento de la raya, podrían mostrar evidencias de la conectividad con la costa de Valdivia, haciendo de este un lugar más apropiado para marcas de tipo satelital.

Por su parte, el mar interior de Chiloé se presenta como otra zona interesante para marcaje con pop-up satelitales. El interés radica en aportar información respecto a si las poblaciones ubicadas en sectores interiores, semi protegidos, se conectan con los sectores oceánicos expuestos y con fondos de mayor profundidad. Como ventaja adicional, cabe indicar, que en este sector se ha reportado la presencia de ejemplares de tallas medianas, de entre 5 y 12 kilos, y de ejemplares de gran envergadura de hasta 40 kilos, con presencia también de ambas especies de raya. Este hecho, permitió el marcaje de un amplio rango de tamaños con este dispositivo.

2.4.4. Plan de marcaje y recaptura propuesto para el estudio piloto

Conforme a los resultados obtenidos en este proyecto, y los antecedentes disponibles de estudios similares en otras especies de rayas, se identificaron tres zonas para realizar el estudio piloto de marcaje y recaptura. Estas zonas corresponden a dos zonas en aguas exteriores de las regiones del Biobío y de Los Lagos y una en aguas interiores de la región de Los Lagos (Tabla 14). Por motivos de disponibilidad de plataforma de trabajo en el momento y condiciones requeridas, solo fue posible operar en aguas interiores y exteriores de la región de Los Lagos, en sectores de Bahía Mansa y Comau-Hualaihué.

En las zonas de aguas exteriores se emplearon transmisores satelitales modelo sPAT 355 del fabricante Wildlife Computers, los cuales serían instalados en los peces en el mes de agosto de 2021, programándose su liberación para 60 días después, en el mes de Diciembre (Tabla 16). Se propuso instalar cuatro transmisores en Lebu (dos en cada especie) y dos transmisores en Bahía Mansa (solo en raya volantín). En aguas interiores también se emplearían transmisores satelitales, en dos

ejemplares de raya volantín y en dos de raya espinosa durante el mes de noviembre. De este modo, se realizará la adquisición de 10 transmisores satelitales.

En cuanto a los transmisores acústicos, se emplearon solamente en aguas interiores en una zona semi-cerrada con el propósito de evaluar el funcionamiento del método con una baja cantidad de receptores acústicos. Se utilizaron 17 transmisores codificados de la marca Vemco, modelo V16, y receptores acústicos del mismo proveedor, modelo VR2W. En total, se instalaron una red de tres receptores acústicos en el sector Hualaihué-Comau (Tabla 16). Esta actividad se realizó en el mes de agosto de 2021, de manera simultánea a la instalación de los transmisores satelitales en la zona de aguas interiores. Dados los plazos del proyecto, se realizaron labores de liberación de los receptores acústicos durante en octubre y diciembre de 2021 (Tabla 16).

Todos los peces capturados sobre los cuales se instalen transmisores ya sean acústicos o satelitales, fueron etiquetados con discos Petersen (Floy Tag) de 1 ¼" de diámetro (Tabla 16), que tienen grabado un código único, así como los datos para el envío de información de recaptura en caso de ser capturados por algún pescador. En total, 50 peces fueron etiquetados con discos Petersen.

Tabla 16. Resumen de métodos de marcaje aplicados durante el presente estudio piloto. Entre paréntesis se indica el número etiquetas y transmisores que serán usados.

	Región del Biobío	Región de Los Lagos	Región de Los Lagos				
	(sector Lebu)	(sector Bahía Mansa)	(sector Comau-Hualaihué)				
Características	Aguas exteriores	Aguas exteriores	Aguas interiores				
Latitud de referencia	37°15′ – 38°30′S	40° – 41°S	42°10′ – 42°27′S				
Método de marcaje							
Transmisor Satelital		Si (4 RV)	Si (3 RV; 3 RE)				
Transmisor Acústico		No	Si (17)				
Etiqueta Externa		Si (4)	Si (46)				
Mes de marcaje							
Transmisor Satelital		Agosto 2021	Agosto 2021				
Transmisor Acústico			Agosto 2021				
Etiqueta Externa		Agosto 2021	Agosto 2021				
Mes(es) de detección							
Transmisor Satelital		Octubre	Octubre				
Transmisor Acústico			Sept-Oct-Nov-Dic				
Fabricante y modelo de la etiqueta o transmisor							
Transmisor Satelital	or Satelital Transmisor sPAT 355 de Wildlife Computers						
Transmisor Acústico	nsmisor Acústico Transmisor Vemco V16 y Receptor Vemco VR2W						
Etiqueta Externa	iqueta Externa Disco Petersen 1 ¼" de FloyTag						

2.5. Procedimientos de captura, marcaje y liberación

a) Proceso de captura

En ambas localidades, el arte de pesca utilizado para la captura de rayas fue el espinel horizontal. Se calaron un total de 2.000 anzuelos, utilizando como carnada, sardina entera salada en Bahía Mansa y pejerrey fresco trozado en el sector de Hualaihué. La profundidad de calado de las líneas fue de 130 metros en el sector de Bahía Mansa y entre 320 y 490 m en Hualaihué. El tiempo de reposo de las líneas fue de 24 horas, en ambas localidades.

Las rayas capturadas fueron izadas a cubierta manualmente, sin el uso de ganchos para evitar daños en los ejemplares. Una vez en cubierta, cada ejemplar fue inspeccionado para descartar daños producidos por el anzuelo o por lobos. Se retiró cuidadosamente el anzuelo con ayuda de un alicate, siendo cortado el anzuelo en el caso de ser necesario para minimizar el daño en el hocico del pez.

En el caso en el que ejemplar no se encontrase en condiciones ideales para ser marcado, este es liberado de forma inmediata y se continua con el izado de la línea. En caso contrario, se detiene el izado de la línea manteniendo en el agua cualquier otro ejemplar de raya para evitar su deterioro en cubierta.

b) Proceso de medición y registro

Una vez inspeccionado y evaluado el estado general del ejemplar, e identificada la especie y el sexo, se procede con la obtención de las características generales en cuanto a tamaño y peso (Fig. 26a, b y c). Para evitar que los ejemplares resbalen en la cubierta de la embarcación, se usa un trozo de paño de red sobre el cual son dispuestos individualmente, de tal forma que este quede estable sobre la superficie de trabajo. Las medidas morfométricas se llevan a cabo con huincha de medir de 150 cm de longitud y precisión de 1 mm. Para tomar el peso de los ejemplares, se utilizó una balanza digital de 50 kg, con precisión de 1 g. Para evitar daños en el ejemplar, se usa un cabestrillo de red para su pesaje, teniendo la precaución de descontar el peso del mismo en el registro.

Los registros se realizaron en formulario *ad hoc* y se consideraron las variables: especie, sexo, longitud total, ancho de disco y peso total. En el mismo formulario también se registró el tipo y número de marca, así como la fecha, hora, posición y profundidad de captura y liberación.

c) Proceso de marcaje de los ejemplares

Una vez medido y pesado el ejemplar, se adosa la marca correspondiente en la aleta pectoral utilizando para la sujeción nailon de 0,9 mm fijado con casquillos de aluminio de 1/16". El nailon atraviesa de lado a lado la aleta pectoral con la ayuda de una aguja de lana con punta aguzada, la cual es desinfectada para cada procedimiento.

La marca se ubicó a media distancia entre la punta del hocico y la punta de la aleta pectoral, con una separación de aproximadamente 2,5 cm del borde de la aleta. Para evitar que el nailon produzca algún daño en el músculo, se utiliza un disco Petersen a cada lado de la aleta pectoral. El disco ubicado en la parte superior de la aleta contiene la información necesaria para la identificación individual de cada ejemplar (Fig. 28d.) Antes de la liberación, se aplicó antibiótico en spray para reducir el riesgo de infecciones asociado al proceso de marcaje (Fig. 28e).



Figura 28. Registro de información biológica y proceso de marcaje, desinfección y liberación de ejemplares. a) Registro de longitud total (LT), b) registro del ancho del disco (AD), c) registro del peso total, d) adosado de la etiqueta, e) aplicación de antibiótico y f) liberación.

La liberación de las rayas en el mar es un proceso relativamente simple gracias a que son especies que no realizan movimientos bruscos cuando son levantadas o trasladadas. Cada pez fue cuidadosamente dejado en la superficie del mar. En ningún caso el pez debe ser lanzado desde cubierta ya que puede sufrir daños por el golpe.

d) Características de los ejemplares marcados por localidad

En el sector de Bahía Mansa se capturaron cuatro ejemplares adultos de raya volantín, correspondientes a tres hembras y un macho, con longitudes entre 80 y 104 cm de longitud total (LT), entre 61 y 83 cm de ancho de disco (AD), y entre 4,9 y 8,7 kilos de peso total (Tabla 17). Los cuatro ejemplares fueron marcados con etiquetas satelitales (S) y disco Petersen (D), estos últimos numerados entre 00 y 03. Las etiquetas satelitales fueron programadas para liberarse de forma automática en 60 días.

Todos los ejemplares se encontraban en buenas condiciones para ser marcados y liberados. La liberación de los ejemplares se llevó a cabo entre 3 y 5 minutos después de iniciar el proceso de marcaje. Dichos ejemplares fueron liberados a una distancia de 11 km al oeste de bahía Mansa (Fig. 29).

Tabla 17. Tipo e identificación de la marca, especie, sexo, dimensiones y peso de los ejemplares marcados en sector de Bahía Mansa. Especie: **RV**=Raya Volantín; **RE**=Raya Espinosa; Tipo marca: **D**=Disco; **S**=Satelital; **A**=Acústica; Sexo: **1**=Macho, **2**=Hembra; **LT**: Longitud Total; **AD**: Ancho del disco.

Facha	F	Tipo	N° de	C	LT	AD	Peso	LON	LAT	Prof.
Fecha	Especie	Marca	Disco	Sexo	(cm)	(cm)	(Kg)	Grados	Grados	(m)
21/8/2021	RV	S - D	00	2	100	79	8,4	73,86395	40,58948	130
21/8/2021	RV	S - D	01	1	80	61	4,9	73,86533	40,58878	130
21/8/2021	RV	S - D	02	2	96	76	7,6	73,87212	40,58580	134
21/8/2021	RV	S - D	03	2	104	83	8,7	73,87160	40,58685	134

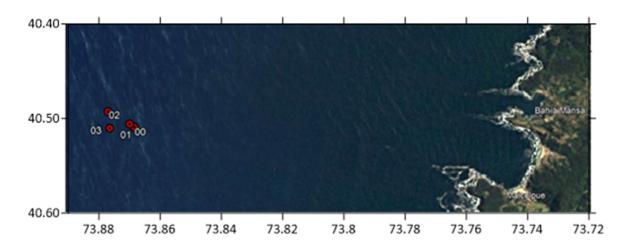


Figura 29. Ubicación geográfica en la que se realizó la liberación de los ejemplares marcados, agosto 23 de 2021. **Zona:** Bahía Mansa.

En el sector de Hualaihué, aproximadamente a 16 km al sur del Hualaihué puerto, en el paso Comau, ubicado entre isla Liligüapi y el lado norte de la península de Huequi, se llevó a cabo el segundo procedimiento de marcaje. Para tal efecto, el 28 de agosto se realizó el calado de una línea con 2.000 anzuelos, encarnados en su totalidad con pejerrey fresco trozado. La línea fue calada a

una profundidad de 490 m. Luego de 24 horas de reposo, la línea fue virada con la captura de nueve (9) ejemplares de raya volantín y dos (2) de raya espinosa.

Todos los ejemplares fueron etiquetados con discos Petersen y un transmisor, ya sea acústico o satelital. En resumen, cuatro (4) ejemplares fueron etiquetadas con transmisor satelital (tres rayas volantín y una raya espinosa), y siete (7) ejemplares fueron etiquetados con transmisor acústico (seis rayas volantín y una raya espinosa) (Tabla 18). Todos los ejemplares fueron liberados al sur de Isla Llancahue, al este del paso Comau (Fig. 30).

Se realizó una segunda salida el día 30 de agosto donde se caló una línea de 2.000 anzuelos, a la cuadra de Pta. Gruesa al norte de la península Huequi, en torno a 340 m de profundidad, usando como carnada pejerrey fresco trozado. Dicha línea fue virada el día 31 de agosto luego de 24 horas de reposo. La captura en esta segunda línea permitió realizar el marcaje y liberación de 35 ejemplares, 28 de las cuales correspondieron a raya volantín y siete (7) a raya espinosa (Tabla 18).

Al igual que en la actividad anterior, todos los ejemplares fueron marcados con discos Petersen. En dos (2) ejemplares de raya espinosa se instalaron transmisores satelitales, mientras que en 17 ejemplares de raya volantín se instalaron transmisores acústicos (Tabla 18). La liberación de los ejemplares se realizó al SW del paso Comau, en un sector con profundidad entre 320 y 350 m (Fig. 30).

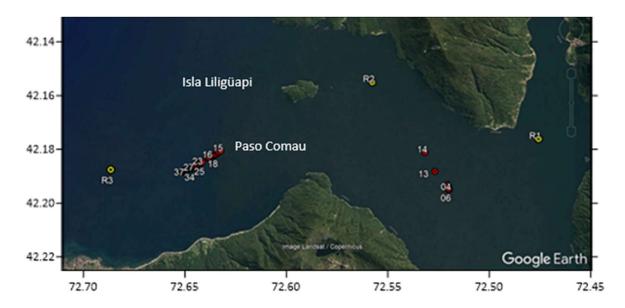


Figura 30. Ubicación en la que se realizó la liberación de los ejemplares marcados, agosto 29 y 31 de 2021. Zona: Sur de Hualaihué, Paso Comau. Los puntos rojos corresponden a las ubicaciones donde fueron liberados los ejemplares marcados. Los números son coincidentes con el número de la etiqueta de disco Petersen utilizada. Los puntos amarillos corresponden a la ubicación en los que fueron anclados los receptores acústicos.

Tabla 18. Tipo e identificación de la marca, especie, sexo, dimensiones y peso de los ejemplares marcados en sector de Hualaihué. Especie: **RV**=Raya Volantín; **RE**=Raya Espinosa; Tipo marca: **D**=Disco; **S**=Satelital; **A**=Acústica; Sexo: **1**=Macho, **2**=Hembra; **LT**: Longitud Total; **AD**: Ancho del disco.

F. d.	F	Tipo	N° de		LT	AD	Peso	LON	LAT	Prof.
Fecha	Especie	Marca	Disco	Sexo	(cm)	(cm)	(Kg)	Grados	Grados	(m)
29/8/2021	RV	D - S	04	2	75	66.5	2.22	72.52078	42.19269	491
29/8/2021	RV	D - S	05	2	84	65	6.08	72.52080	42.19245	491
29/8/2021	RV	D - S	06	2	102	79	10.84	72.52088	42.19220	490
29/8/2021	RV	D - A	07	2	106	77	9.48	72.52089	42.19203	491
29/8/2021	RV	D - A	08	2	109	79	11.29	72.52096	42.19172	490
29/8/2021	RV	D - A	09	2	109	80.5	11.29	72.52110	42.19151	491
29/8/2021	RE	D - S	10	2	110	82.5	10.15	72.52126	42.19121	490
29/8/2021	RV	D - A	11	2	104	78	9.71	72.52132	42.19104	490
29/8/2021	RV	D - A	12	2	103.5	78.5	8.80	72.52146	42.19080	491
29/8/2021	RE	D - A	13	2	146	100	16.27	72.52779	42.18617	491
29/8/2021	RV	D - A	14	2	99	75	7.89	72.53281	42.17940	491
31/8/2021	RE	D - S	15	2	89	72	5.61	72.63249	42.18131	320
31/8/2021	RV	D - A	16	1	91	67	6.53	72.63338	42.18170	320
31/8/2021	RV	D - A	17	2	41	30.5	0.44	72.63408	42.18208	333
31/8/2021	RV	D - A	18	2	62	47.5	1.7	72.63490	42.18259	348
31/8/2021	RV	D - A	19	2	99	78.5	8.35	72.63552	42.18295	345
31/8/2021	RV	D - A	20	2	63	49	1.76	72.63617	42.18305	345
31/8/2021	RV	D - A	21	2	63	49	1.7	72.63650	42.18317	349
31/8/2021	RV	D - A	22	2	75	53	2.53	72.63686	42.18332	349
31/8/2021	RV	D - A	23	1	63.5	49.5	1.72	72.63802	42.18378	349
31/8/2021	RV	D - A	24	1	75	57.5	4.49	72.63838	42.18395	349
31/8/2021	RE	D - S	25	2	101	80.5	8.11	72.64128	42.18558	348
31/8/2021	RV	D - A	26	1	66	49.5	1.88	72.64172	42.18581	348
31/8/2021	RV	D	27	2	56	40.5	0.95	72.64222	42.18608	349
31/8/2021	RE	D	28	2	99	79	8.56	72.64304	42.18637	347
31/8/2021	RE	D	29	2	65	51	1.9	72.64404	42.18689	347
31/8/2021	RV	D	30	2	56	42	1.1	72.64442	42.18708	347
31/8/2021	RV	D	31	2	88	67	6.75	72.64475	42.18730	347
31/8/2021	RE	D	32	2	95	73.5	8.1	72.64514	42.18748	347
31/8/2021	RV	D	33	2	91	66	4.8	72.64557	42.18762	338
31/8/2021	RV	D	34	2	89.5	66.5	4.5	72.64591	42.18777	339
31/8/2021	RV	D	35	2	68	50	2.1	72.64618	42.18781	338
31/8/2021	RV	D	36	2	85	64.5	4.3	72.64653	42.18787	336
31/8/2021	RE	D	37	2	84.5	64	4.1	72.64681	42.18794	326
31/8/2021	RV	D	38	2	66	50	2.04	72.64717	42.18807	326
31/8/2021	RV	D	39	2	60	45	1.31	72.64738	42.18814	326
31/8/2021	RV	D	40	2	90	68	6.12	72.64780	42.18829	323
31/8/2021	RV	D	41	2	53	43	0.97	72.64808	42.18839	323
31/8/2021	RV	D	42	2	51	43	0.64	72.64844	42.18846	323
31/8/2021	RV	D	43	2	83	64	4.31	72.64874	42.18853	323
31/8/2021	RV	D	44	2	48	36	0.73	72.64944	42.18872	323
31/8/2021	RV	D	45	1	92	71.5	4.94	72.64971	42.18877	323
31/8/2021	RV	D	46	2	58	41	1.08	72.64966	42.18889	323
31/8/2021	RV	D	47	2	55	43.5	1.05	72.65017	42.18921	322
31/8/2021	RE	D	48	2	54	41	0.87	72.65037	42.18929	322
31/8/2021	RV	D	49	2	59	46	1.35	72.65080	42.18943	322

2.6. Resultados del marcaje con etiquetas convencionales

Tres de los 50 ejemplares marcados con discos Petersen fueron recapturados por pescadores artesanales, lo que equivale a una tasa de recaptura del 6%. Dichos ejemplares corresponden a los individuos identificados con las etiquetas N°11, N°13 y N°34 (Tabla 19). Los tres ejemplares son hembras adultas, pero de diferentes especies. D13, un ejemplar de raya espinosa de 146 cm de LT, mientras que la segunda (D34) corresponde a un ejemplar de raya volantín de 89,5 cm de LT y el último ejemplar recuperado corresponde a una hembra de raya volantín de 104 cm de LT. El ejemplar N°13 fue recapturado por pescadores artesanales 48 días después del marcaje, en el sector de Hualaihué, a solo 2,6 km al oeste del punto de su liberación (Fig. 31). Por su parte, el ejemplar N°34 fue recapturado 76 días después de su liberación en el mismo sector de Hualaihué, a 8,1 km al este de la ubicación de liberación y finalmente, el ejemplar D11 fue recuperado 275 días después de su liberación al interior del estero Comau a 9,26 km del punto de liberación (Fig. 31).

Tabla 19. Ejemplares marcados con etiquetas tipo disco Petersen recuperados en el sector de Hualaihué. Especie: **RV**=Raya Volantín; **RE**=Raya Espinosa; Tipo marca: **D**=Disco; **S**=Satelital; **A**=Acústica; Sexo: **1**=Macho, **2**=Hembra. **TPL**: Tiempo post liberación. **DL**: distancia desde el punto de liberación.

								"Li	beración"			"F	Recaptura	"	
					LT	AD	Peso	LON	LAT	Prof.		LON	LAT	Dias post	Distancia
Fecha	Sp.	ID_Sonica	N° Marca	Sexo	(cm)	(cm)	(Kg)	GG,GGGG	GG,GGGG	(m)	Fecha	GG,GGGG	GG,GGGG	liberación	pto Liberación
29/8/2021	RE	A69-9001-65001	13	2	146	100	16.27	72.52779	42.18617	491	16/10/2021	72.55908	42.19058	48	2.6
31/8/2021	RV		34	2	89.5	66.5	4.50	72.64591	42.18777	339	16/11/2021	72.54857	42.19582	76	8.1
29/8/2021	RV	A69-9001-2348	11	2	104	78	9.71	72.52126	42.19121	490	30/5/2022	72.45583	45.25890	275	9.3

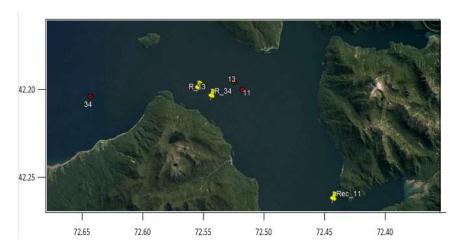


Figura 31. En rojo, ubicación en la cual se realizó la liberación de los ejemplares N°11, N°13 y N°34. En amarillo se indica la ubicación en la que fueron recapturadas las rayas según lo informado por pescadores artesanales.

2.7. Resultados del marcaje con transmisores acústicos

Los sistemas acústicos de monitoreo son de tipo pasivos y son usados en estudios de larga data (meses o años). Las etiquetas generalmente se implantan quirúrgicamente en el cuerpo del animal para garantizar su retención, sin embargo, en el presente estudio fueron instaladas externamente. Los sistemas pasivos se basan en receptores estacionarios desplegados en ubicaciones fijas y conocidas. Cada receptor registra la presencia de un individuo a medida que detecta la transmisión de etiquetas dentro del rango de detección del receptor, registrando el código de identificación único del ejemplar, junto con la fecha y hora del contacto. En este caso, no se requiere la recaptura del ejemplar.

En la experiencia realizada, una vez se cumplieron 60 días desde el despliegue del sistema de marcaje acústico, se llevó a cabo la recuperación de los receptores el 2 de noviembre de 2021. En dicha ocasión solo pudo ser recuperado uno de los tres receptores desplegados (R01), el cual no presentó ningún registro de contacto de rayas etiquetadas dentro del radio de detección del receptor.

Se realizó una segunda búsqueda de receptores el 17 de diciembre de 2021, 107 días después de ser instalado el sistema. Luego de una larga búsqueda de los receptores restantes, se logró recuperar un segundo equipo (R03), mientras que el tercer receptor (R02) fue dado por perdido. Se presume que el receptor fue desplazado del lugar o levantado por espineles, dado que el lugar es frecuentado por botes y lanchas durante todo el año. Se hicieron consultas en el sector, pero no se recibió ningún antecedente al respecto.

El segundo receptor acústico R03 registró 688 datos provenientes de cinco (5) transmisores acústicos diferentes (5 ejemplares de rayas con transmisores), las cuales entraron en el radio de detección del receptor entre el 8 de septiembre y el 19 de octubre de 2021 (Tabla 20). Los ejemplares detectados mediante transmisores acústicos correspondieron a los etiquetados con los números 07, 08, 16, 18 y 22 de discos Petersen. Los dos primeros fueron liberados al este del paso Comau, mientras que los tres últimos fueron liberados al oeste del mismo paso (Fig. 32). Todos los ejemplares detectados corresponden a raya volantín, siendo un macho y cuatro hembras, de entre 62 y 109 cm de LT y entre 1,70 y 11,29 kg según los datos registrados durante el proceso de marcaje (Tabla 20).

En ausencia de más detecciones por parte de los otros receptores acústicos, no es posible triangular la posición del ejemplar marcado, por lo que solo se hará referencia a la presencia en función al tiempo de liberación. El primer ejemplar detectado fue el N°22, solo 9 días después de ser liberado, a una distancia lineal de 3 km del punto de liberación. El ejemplar se mantiene dentro del radio de detección del receptor acústico por más de 30 horas, registrándose 506 detecciones entre el 8 y 9 de septiembre (Tabla 20). Luego de ese período, el ejemplar no volvió a pasar cerca del receptor R03.

El segundo ejemplar detectado corresponde al ejemplar con la etiqueta N°18. Este ejemplar fue detectado en a lo menos 55 ocasiones entre los días 15 y 22 de septiembre, entrando y saliendo del radio de detección del receptor acústico durante aproximadamente 8 días. Luego, el 10 de octubre, esto es 18 días posteriores al último registro, vuelve a aproximarse al receptor R03 por un lapso inferior a 1 hora, luego de lo cual se pierde contacto (Tabla 20).

El ejemplar N°7 registró 22 datos en total, pero sólo estuvo en la proximidad del receptor en dos ocasiones, los días 22 de septiembre y 9 de octubre durante algunos minutos en cada ocasión (Tabla 21). Los ejemplares restantes solo tuvieron contacto con el receptor un solo día cada uno. El ejemplar N°16 estuvo en el radio de alcance del receptor el día 27 de septiembre durante 2 horas aproximadamente, mientras que el ejemplar N°08 se aproximó el 19 de octubre estando por 2,5 horas dentro del radio de detección (Tabla 20).

En general, la distancia entre el punto de liberación y la posición del receptor R03 fluctuó entre 5,93 y 18,17 km en términos de distancia lineal, transcurriendo entre 8 y 51 días hasta el momento en que se registró el primer contacto entre el pez y el receptor dentro de su radio de detección (Tabla 21).

De los restantes 12 ejemplares a los cuales se instaló un transmisor acústico no fue posible obtener ningún registro de contacto con los receptores recuperados. Cabe hacer notar que el ejemplar N°13, que también tenía un transmisor acústico, fue recapturado el 16 de noviembre al este del paso Comau, con lo cual se evidencia que el ejemplar estuvo en el sector donde se desarrolló el estudio, pero no se aproximó a los receptores acústicos.

Tabla 20. Cantidad de registros obtenidos por el receptor acústico R03 (SN:136777) en el sector de Hualaihué entre el 8 de septiembre y el 19 de octubre de 2021.

		Código d	el ejemplar. Tra	nsmisor acústic	o (A) y disco Pet	tersen (D)
Fecha de detección	Rango horario de detección	A69-9001 2346	A69-9001- 2349	A69-9001- 2352	A69-9001- 2357	A69-9001- 2358
detection	de detection					
		D08	D07	D16	D18	D22
8-sep	00:10:03 - 23:54:45					387
9-sep	02:25:44 - 08:45:17					119
15-sep	13:38:31 - 19:11:53				5	
16-sep	00:57:20 - 10:56:04				46	
18-sep	16:43:54				1	
22-sep	21:49:22 - 22:24:00		20		3	
27-sep	07:29:00 - 09:23:00			42		
9-oct	08:28:31 - 08:31:39		2			
10-oct	06:47:11 - 07:30:00				2	
19-oct	04:28:00 - 06:52:45	61				
	Total	61	22	42	57	506

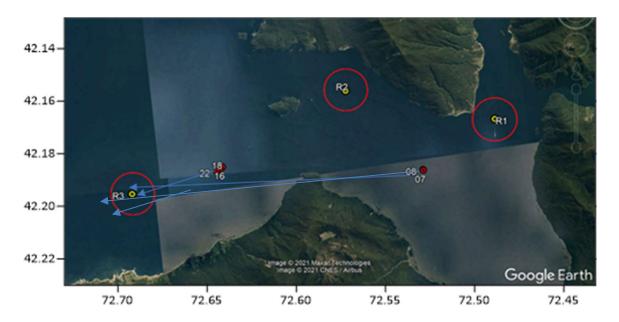


Figura 32. Ubicación geográfica del punto de liberación de las rayas detectadas por el sistema de receptores acústico (R3). El círculo rojo entorno al punto de anclaje de los receptores, corresponde al radio máximo de detección de los mismos.

Tabla 21. Ejemplares marcados con transmisores acústicos en el sector de Hualaihué. Se indican datos de la liberación y de la recaptura. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra. TPL: Tiempo post liberación. DL: distancia desde el punto de liberación.

	Datos de Liberación						Datos de Recaptura			Diferencia		
Especie	N° de	ID	Sexo	Eocha	LON LAT Prof. Fecha Fecha	LON	LAT	TPL	DL			
Lspecie	Disco	co Acústico	ЗЕХО	reciia	(grados)	(grados)	(m)	reciia	(grados)	(grados)	(días)	(km)
RV	08	2346	2	29-08-2021	72.52096	42.19172	490	19-10-2021	72.69	42.19	51	18.71
RV	07	2349	2	29-08-2021	72.52089	42.19203	491	22-09-2021	72.69	42.19	24	18.72
RV	16	2352	1	31-08-2021	72.63338	42.1817	320	27-09-2021	72.69	42.19	27	6.33
RV	18	2357	2	31-08-2021	72.6349	42.18259	348	15-09-2021	72.69	42.19	15	6.16
RV	22	2358	2	31-08-2021	72.63686	42.18332	349	08-09-2021	72.69	42.19	8	5.93

2.8. Resultados del marcaje con transmisores satelitales

2.8.1. Bahía Mansa

En esta localidad, se instalaron transmisores satelitales en cuatro ejemplares de raya volantín. Los transmisores fueron programados para emerger a los 60 días desde su instalación. Si bien todos emergieron, dos de ellos llegaron a la superficie antes del tiempo programado, habiendo transcurrido 39 y 41 días desde la liberación. Dada la trayectoria de los transmisores fuera del agua, es probable que ambos ejemplares hayan sido capturados, pero ninguno fue reportado por pescadores (Tabla 22).

En consideración a que las rayas en estudio son especies asociadas al fondo y no emergen a superficie, la distancia calculada entre el punto de liberación y la posición final en la que emerge la etiqueta satelital, corresponde al desplazamiento neto, desconociéndose entonces la trayectoria descrita entre ambos puntos durante el periodo en que el ejemplar portó el transmisor. En este sentido, la distancia a la que emergieron las etiquetas osciló entre 6,75 y 19,72 km desde el punto de liberación, siendo el ejemplar N°00 (Etiqueta Satelital 205435), la que evidencia el mayor desplazamiento neto (Tabla 22 y Fig. 33).

Tabla 20. Ejemplares marcados con transmisores satelitales en el sector de Bahía Mansa. Se indican datos de la liberación y de la recaptura. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra. TPL: Tiempo post liberación. DL: distancia desde el punto de liberación.

	Datos de Liberación						Datos de Recaptura			Diferencia		
Ecnosio	necie	ID	Sexo	Fecha	LON	LAT	Prof.	Fecha	LON	LAT	TPL	DL
Especie	Disco	Satelital	Sexu	reciia	(grados)	(grados)	(m)	reciia	(grados)	(grados)	(días)	(km)
RV	00	205435	2	23-08-2021	73.86395	40.58948	130	23-10-2021	74.0827	40.52414	60	19.72
RV	01	205432	1	23-08-2021	73.86533	40.58878	130	10-10-2021	74.01462	40.65506	39	14.7
RV	02	205439	2	23-08-2021	73.87212	40.5858	134	23-10-2021	73.79601	40.60073	60	6.75
RV	03	205430	2	23-08-2021	73.8716	40.58985	134	12-10-2021	73.77719	40.5864	41	8.04

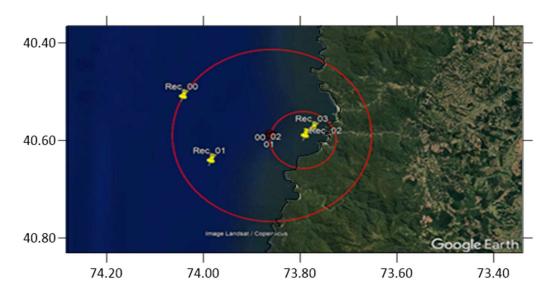


Figura 33. Puntos rojos, ubicación en la que se liberó a los ejemplares N°00 al N°03, la chincheta amarilla indica ubicación en la que emerge la etiqueta satelital y círculos rojos corresponden a la distancia mínima y máxima desde el lugar de liberación, equivalente a 6,75 y 19,72 km de radio.

En cuanto a los datos de profundidad y temperatura, así como a la variación diaria (deltaprof y deltatemp) y del nivel de luz (deltalight) registrados en los transmisores satelitales (Fig. 34 y 35), su revisión permite establecer que ninguno de los ejemplares murió después de la liberación producto del stress del marcaje, ni por efecto de depredación, obteniendo lecturas coherentes durante el tiempo de operación. Los registros de temperatura máximos y mínimos por día UTC, evidencian condiciones cuasi homotermales o de cambios leves en las profundidades en las que se desplazaron los ejemplares (Fig. 34). Por su parte, los registros de profundidad máximos y mínimos por día UTC muestran variabilidad en el desplazamiento, con diferencias de profundidad entre 25 y 150 m en un mismo día (Fig. 34).

Los transmisores satelitales envían información más detallada de los últimos cinco días de registros. En términos de profundidad (Fig. 36), estos registros detallados evidenciaron que dos de los cuatro ejemplares mostraron establidad en la profundidad con bajos o nulos cambios en estos días. Por su parte, los restantes dos ejemplares evidencian desplazamientos verticales de varias decenas de metros udrante un mismo día, o entre días, aunque también evidencian momentos en que permanecen a una misma profundidad (Fig. 36).

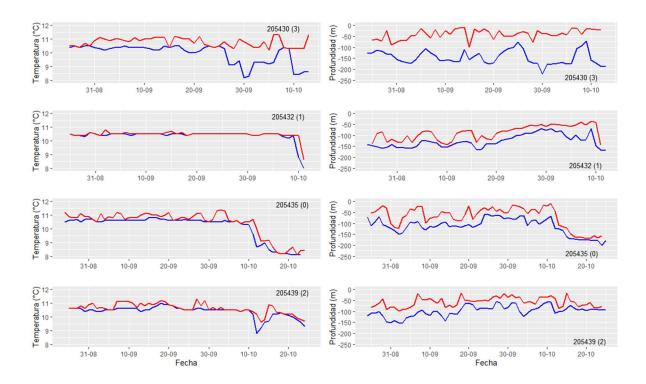


Figura 34. Registro máximo y mínimo de temperatura (izquierda) y profundidad (derecha) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en Bahía Mansa, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.

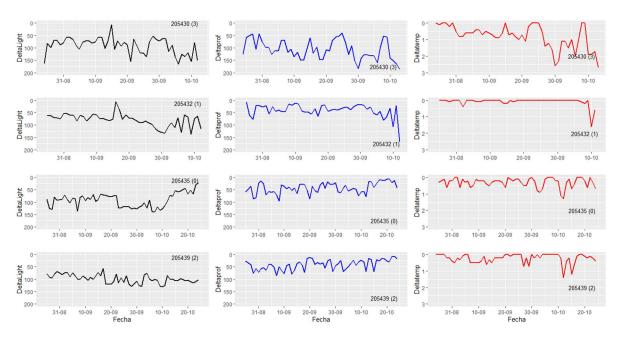


Figura 35. Variación en el nivel de luz (Deltalight), profundidad (Deltaprof) y temperatura (Deltatemp) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en Bahía Mansa, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.

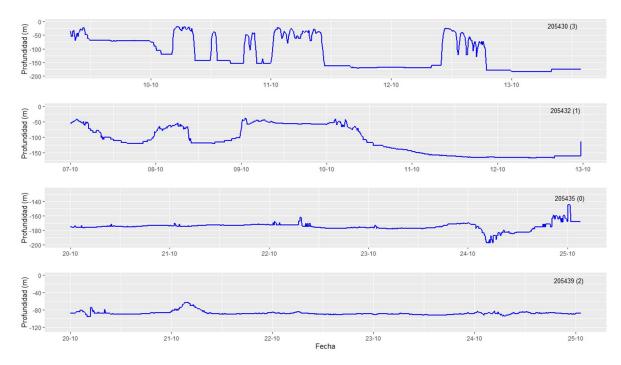


Figura 36. Serie de tiempo de los últimos 5 días del registro de profundidad, por día UTC, para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales utilizados en Bahía Mansa, región de Los Lagos.

2.8.2. Hualaihué

Se marcaron seis (6) ejemplares con transmisores satelitales en el sector de Hualaihué, tres de ellos correspondieron a raya volantín y tres a raya espinosa. Todos los ejemplares correspondieron a hembras (Tabla 23). Al igual que en el sector de Bahía Mansa, la totalidad de los transmisores satelitales emergieron exitosamente a los 60 días luego de la liberación, en conformidad a la programación realizada (Tabla 23).

La distancia a la que emergieron las etiquetas osciló entre 0,84 km y 35,95 km en línea recta desde el punto de liberación, siendo los ejemplares N°04 y 15 (etiqueta satelital 205433 y 205431, respectivamente) quienes se habrían desplazado una mayor distancia lineal, superior a los 30 km (Tabla 23 y Fig. 37). Ambos ejemplares corresponden a hembras de 75 y 89 cm de LT, respectivamente. La primera es un ejemplar de raya volantín y la segunda un ejemplar de raya espinosa (Tabla 23). A diferencia de éstas, el ejemplar con la etiqueta N°6 (etiqueta satelital 205434), presentó la menor diferencia entre el punto de liberación y el lugar donde emergió el transmisor, correspondiente a 0,84 km (Tabla 23 y Fig. 37). Dicho ejemplar corresponde a una hembra de raya volantín de 102 cm de LT.

Tabla 23. Ejemplares marcados con transmisores satelitales en el sector de Hualaihué. Se indican datos de la liberación y de la recaptura. Especie: RV=Raya Volantín; RE=Raya Espinosa; Sexo: 1=Macho, 2=Hembra. TPL: Tiempo post liberación. DL: distancia desde el punto de liberación.

					Datos de Li	beración		Dato	s de Recapt	ura	Difere	encia
Famasia	N° de	ID	Sexo	Fecha	LON	LAT	Prof.	Fecha	LON	LAT	TPL	DL
Especie	Disco Satelital	Sexo	recna	(grados)	(grados)	(m)	Респа	(grados)	(grados)	(días)	(km)	
RV	04	205433	2	29-08-2021	72.52078	42.19269	491	29-10-2021	72.85996	41.99041	60	35.95
RV	05	205438	2	29-08-2021	72.5208	42.19245	491	29-10-2021	72.46742	42.27569	60	10.25
RV	06	205434	2	29-08-2021	72.52088	42.1922	490	29-10-2021	72.52566	42.19881	60	0.84
RE	10	205436	2	29-08-2021	72.52126	42.19121	490	29-10-2021	72.49402	42.20097	60	2.59
RE	15	205431	2	31-08-2021	72.63249	42.18131	320	31-10-2021	72.97281	42.01186	60	33.9
RE	25	205437	2	31-08-2021	72.64128	42.18558	348	31-10-2021	72.66746	42.12387	60	7.16

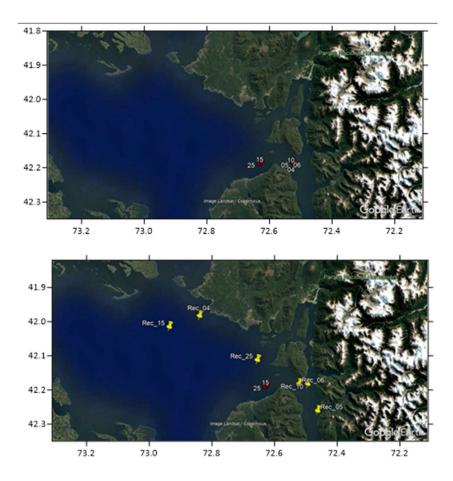


Figura 37. Arriba: En rojo, ubicación en la que se liberó a los ejemplares marcados con etiquetas satelitales. **Abajo:** la chincheta amarilla indica la ubicación en la que emergen las etiquetas satelitales.

En cuanto a los datos de profundidad, temperatura y nivel de luz (deltalight) registrados en estos transmisores satelitales (Fig. 38 y 39), es posible identificar que ningún ejemplar murió después de la liberación producto del stress del marcaje, ni por efecto de depredación, registrándose cambios en la información registrada atribuibles a desplazamiento de cada pez etiquetado. Por su parte, los registros de temperatura máximos y mínimos por día UTC, evidencian condiciones cuasi homotermales, en todos los registros, en aquellas profundidades en que se desplazaron los ejemplares, con variaciones máximas absolutas de 0,6°C (Tabla 24; Fig. 39). En términos de profundidad, la mayoría de los ejemplares se ubicó entre 111 y 513 m, a excepción de un ejemplar que llegó a valores bastante someros de profundidad. En este sentido, el ejemplar D04 (etiqueta satelital 205433; hembra de raya volantín de 75 cm LT) destaca porque presentó el mayor cambio absoluto en un mismo día con 338 m, y también se desplazó hasta la menor profundidad, llegando a solo 9 m desde la superficie (Tabla 24; Fig. 38 y 39).

En cuanto al detalle de distribución batimétrica de los peces en los últimos cinco días (Fig. 40) se evidencia que, en la mayor parte de los casos, los ejemplares realizan importantes cambios en profundidad en período de tiempo cortos, observándose también momentos en los cuales permanecen a la misma profundidad.

Tabla 24. Registro máximo y mínimo de temperatura y profundidad para cada etiqueta satelital y su variación máxima registrada durante el periodo de despliegue en Hualaihué. En paréntesis se incluye el número del disco Petersen con el que fue etiquetado el ejemplar. RE: raya espinosa; RV: raya volantín.

		Te	emperatura (°C)	Profundidad (m)			
Etiqueta	Especie	Mínima	Máxima	Máx. variación	Mínima	Máxima	Máx. variación	
205431 (D15)	RE	10,2	11,5	0,5	157	512	273	
205433 (D04)	RV	9,4	11,5	0,4	9	507	338	
205434 (D06)	RV	8,5	11,5	0,2	164	512	292	
205436 (D10)	RE	9,7	11,5	0,6	111	513	305	
205437 (D25)	RE	10,5	11,5	0,5	172	511	232	
205438 (D05)	RV	9,8	11,5	0,6	135	511	308	

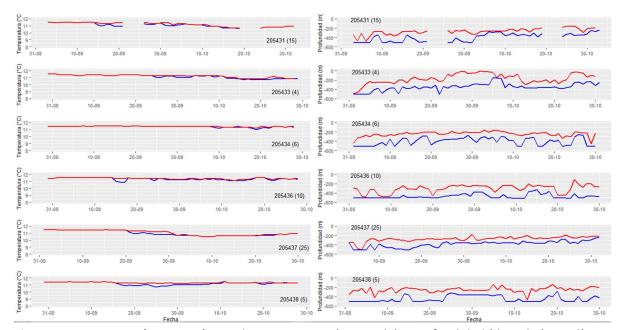


Figura 38. Registro máximo y mínimo de temperatura (izquierda) y profundidad (derecha) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en sector de Hualaihué, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.

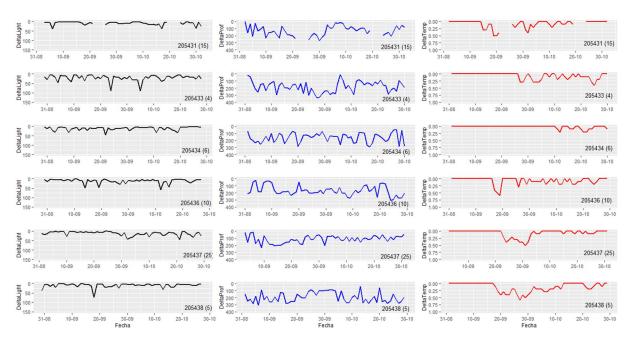


Figura 39. Variación en el nivel de luz (Deltalight), profundidad (Deltaprof) y temperatura (Deltatemp) por día UTC para los cuatro ejemplares con transmisores satelitales en sector Hualaihué-Comau, región de Los Lagos. Se indica el código de cada ejemplar en el gráfico.

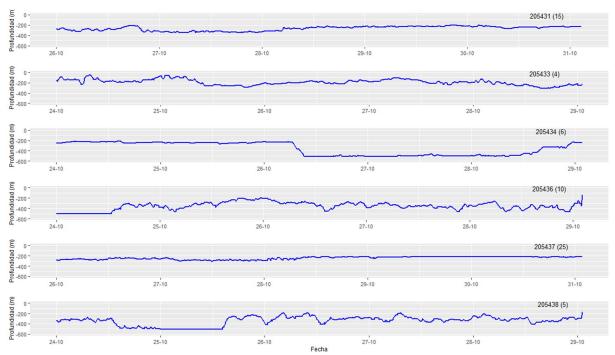


Figura 40. Serie de tiempo de los últimos 5 días del registro de profundidad, por día UTC, para las 6 etiquetas satelitales utilizadas en la comuna de Hualaihué, región de los Lagos.

Objetivo Específico 3

Elaborar los términos técnicos de referencia (TTR) y económicos, en atención a la propuesta de mayor costo-efectividad y que no comprometa los aspectos técnicos del procedimiento.

3.1. Síntesis de aspectos relevantes para establecer una propuesta de programa de marcaje y recaptura

En base a los resultados obtenidos en el marco del objetivo 2 del presente proyecto, y del contexto en el cual se desarrolla la pesquería de raya volantín y raya espinosa en Chile, es necesario revisar diversos aspectos para establecer una propuesta de programa de marcaje y recaptura de estas especies. Estos aspectos pueden ser clasificados en técnicos, tecnológicos, biológicos, estadísticos, presupuestarios y complementarios. La tabla 25 presenta una síntesis comparativa de los principales elementos asociados a cada aspecto considerado. Respecto a los técnicos y tecnológicos, generalmente se tiende a sobre simplificar la labor de marcaje y cobertura de estos programas, no obstante, existen diferencias que son claves para definir qué método es viable y factible de ser usado. Las etiquetas externas convencionales son muy simples de usar y no requieren mayor capacitación, sin embargo, la información que se obtiene es reducida y limitada a la entrega del ejemplar recapturado, lo cual rara vez sucede. Lo común es el retorno del código de la etiqueta y de la posición, sin embargo, esto también es altamente dependiente de la actividad pesquera que se realice durante el año sobre el recurso, determinando entonces restricciones severas a la información tanto espacial como temporal. Los transmisores acústicos y satelitales en cambio, pueden ser categorizados como de complejidad media, ya que requiere una intervención y manipulación mayor del ejemplar respecto a lo realizado usando etiqueta externa convencional. Sin embargo, la información obtenida mediante el uso de estos transmisores es independiente de la pesquería y, por lo tanto, registran información en una ventana espacio-temporal mayor. Ahora bien, el transmisor acústico, al ser de tipo pasivo, está fuertemente limitado para registrar ejemplares en un radio pequeño, motivo por el cual la determinación de una red de receptores es clave para el éxito del programa de marcaje.

En cuanto a aspectos asociados a la biología de la especie, y en particular respecto al crecimiento, sólo es posible obtener realizar mediciones cuando se logra la recaptura de un ejemplar, lo que está determinado por la existencia de actividad pesquera en las diversas zonas geográficas durante el período de tiempo que dure el estudio (Tabla 25). En el marco del objetivo específico 1 se discutió acerca de los énfasis de estudios de marcaje en especies de rayas, estableciéndose que son preferentemente desarrollados para obtener información de su distribución espacial y migraciones, siendo poco frecuente el estudio de crecimiento por esta vía dado el bajo éxito de devolución de los ejemplares enteros. En este mismo aspecto, la sobrevivencia post-marcaje es algo clave para la validez del programa. Conforme a los datos registrados en este proyecto, se determinó que el 100% de los ejemplares con transmisores satelitales sobrevivieron al proceso de marcaje. Dado que este

transmisor puede ser considerado el más crítico entre los probados, tanto por su tamaño como por el tiempo de instalación, es razonable esperar que la sobrevivencia en general es alta, independiente del tipo de marcaje usado.

En términos de representatividad estadística, es complejo definir qué tipo de marcaje puede lograr información agregada para establecer patrones migratorios. Las etiquetas externas cuentan con la tradicionalmente baja efectividad de recaptura, que se ve fuertemente agravada por la dependencia de actividad extractiva regular durante el año en las zonas de interés. Para el caso de transmisores acústicos la situación no puede ser considerada mejor o favorable, ya que en zonas abiertas o donde existe múltiples actividades de extracción, existe mayor riesgo de remoción de los receptores acústicos instalados en el fondo marino. En el caso de los transmisores satelitales, la efectividad es generalmente alta (incluso llegando al 100% como en este estudio), mientras que el riesgo de pérdida puede ser considerado bajo, sin embargo, generalmente son pocos los transmisores que son usados debido a su alto costo individual entre US\$2.000 y US\$4.200 cada uno).

Algunos temas complementarios, en base a la experiencia obtenida durante este estudio, en términos empíricos y teóricos, se señalan también en la Tabla 25, referidos a las condiciones ideales de uso de cada tipo de marcaje, junto con algunas limitaciones particulares que fuertemente pueden determinar el éxito o no de un programa de marcaje. Las etiquetas externas son usadas en programas masivos de marcaje donde la pesquería opera de manera regular en términos espaciales y temporales, condiciones que no ocurren en el caso de raya volantín. Además, se basan en la información que proveen los propios pescadores, no obstante, se reconoce que en algunas localidades no se cumplen los períodos de veda, impidiendo que sea factible recuperar información de ejemplares recapturados. Por su parte, los transmisores acústicos están mayormente dirigidos para estudios en áreas costeras, bahías y zonas de paso conocidas, lo cual no corresponde al caso de raya volantín. El costo de adquirir una red de receptores, cada uno con un sistema de anclaje y de liberadores acústicos, es alta, todo lo cual confirma que no corresponde al sistema idóneo para la especie. Por su parte, las etiquetas satelitales en estudios de rayas de la misma familia han demostrado su efectividad, no obstante, su alto costo y la baja representatividad asociada al bajo número de ejemplares que generalmente son estudiados.

Considerando todos los aspectos anteriormente indicados, en la próxima sección se proponen los términos técnicos de referencia para un programa de marcaje focalizado en la especie raya volantín, especie principal de la pesquería. La focalización del estudio en una especie permite que la inversión en transmisores de alto costo pueda ayudar a responder las principales interrogantes acerca de los procesos migratorios y/o cambios en su distribución espacial.

Tabla 25. Cuadro comparativo de aspectos técnicos, tecnológicos, biológicos, estadísticos, presupuestarios y complementarios asociados a los tipos o sistemas de marcaje usados.

Aspestas a sausidavav		Tipo o sistema de marcaje	
Aspectos a considerar	Externa convencional	Transmisor acústico	Transmisor satelital
1) Aspectos técnicos			
Complejidad de marcaje	BAJA	MEDIA	MEDIA
Información ambiental	NO	NO	SI
			(temp., prof., etc.)
Información de posición	Puntos de liberación y	Puntos de liberación y de	Puntos de liberación y de
	recaptura	paso por ubicación de red	desprendimiento
		de transmisores	programado del transmisor
Cobertura espacial y	Depende de la actividad	Depende de la cantidad de	Depende de la cantidad de
temporal	pesquera	receptores acústicos	transmisores
Plataforma de trabajo	Bote o lancha	Bote o lancha	Bote o lancha
Método de captura	Espinel	Espinel	Espinel
2) Aspectos tecnológicos			
Equipamiento requerido	ALTA	MEDIA	BAJA
o complejidad de			
recaptura			
Dependencia de la	ALTA	BAJA	BAJA
pesquería		-	
3) Aspectos biológicos	1	1	l
Sobrevivencia post-	ALTA	ALTA	ALTA
marcaje			
Información para	Depende de la recaptura del	Depende de la recaptura del	Depende de la recaptura del
estudios de crecimiento	ejemplar	ejemplar	ejemplar
4) Aspectos estadísticos	3 1 1		-3- -
Efectividad	BAJA	ALTAMENTE VARIABLE	ALTA
	(<5% de recaptura)		(>70% de transmisión)
Riesgo de pérdida de	BAJA	MEDIA	BAJA
marca o de recepción			
5) Aspectos presupuestari	os	1	l
Principales costos	Programa de recaptura	Transmisores y red de	Transmisores
asociados		receptores acústicos	
Costo de la etiqueta o	BAJA	ALTA	ALTA
transmisor			
6) Aspectos complementa	rios	1	l
Uso ideal	Programas masivos de	Programas acotados de	Programas acotados de
	marcaje con actividad	marcaje en zonas costeras o	marcaje para conocer y
	pesquera continua en el	semi-cerradas, para validar	comprender procesos
	tiempo y participación	procesos de migración	migratorios
	activa de informantes	estacional	0 111 11
Limitantes y	- Alto riesgo de no reporte	- Alto riesgo de pérdida de	- Baja representatividad de
observaciones	de recaptura por existencia	receptores acústicos por	los datos obtenidos por alto
particulares	de captura ilegal en la	enredo con aparejos de	costo de los transmisores
•	pesquería	pesca	
	- No se cuenta con una	- Adquirir una red de	
	política de financiamiento	receptores acústicos se	
	continua de programas de	justifica en la medida que	
	marcaje, solo proyectos	existan diversos programas	
	esporádicos	de marcaje de recursos	

3.2. Términos Técnicos de Referencia

a) Antecedentes y justificación del estudio

La raya volantín (*Zearaja chilensis*) es una especie de elasmobranquios de interés económico en pesquerías nacionales. Sin embargo, esta especie tiene características de historia de vida que las hace vulnerables a la presión de pesca, como es su crecimiento lento y baja fecundidad, siendo fundamental el conocimiento de su biología y distribución para una correcta gestión de la pesquería que minimice el riesgo de sobreexplotación. Debido a los indicadores disponibles y a la incertidumbre existente, en los años recientes se han adoptado cuotas de pesca bajas e incluso períodos sin cuotas, mientras que no ha sido posible avanzar de manera significativa en la obtención de mejor información para la toma de decisiones.

Administrativamente la pesquería de raya comienza el año 1994 entre la Región del Biobío y el paralelo 41° 21,8′ LS. Tres años después, en 1997, la pesquería de rayas es declarada en plena explotación mediante la R.Ex. N° 577/1997. En el período 1997-2002, se desembarcaron entre 400 y 800 t anuales, incrementándose drásticamente a 1.800 t en 2003 debido al aporte del sector industrial. En adelante, estas magnitudes de desembarque han disminuido progresivamente a niveles muy inferiores de cuotas. Se identifica también un área relevante de captura al sur de la unidad de pesquería, principalmente de origen artesanal y que corresponde mayoritariamente al desembarque registrado en la región de Los Lagos, registrándose el máximo desembarque el año 2003, sobrepasando las 3.500 t.

De acuerdo a la experiencia internacional, se conoce que diversas especies de rayas presentan una característica de filopatría, es decir, una marcada tendencia a permanecer en el mismo territorio en el que nacieron, además de una tardía madurez sexual, relativamente baja fecundidad y largo ciclo de vida, condiciones que convierten a este grupo especialmente sensible a la explotación pesquera (Walker et al., 1997, Dulvy et al., 2000; Frisk et al., 2001; Dulvy & Reynolds, 2002, Vargas-Caro et al., 2015). Debido a lo anterior, se ha sugerido que las rayas son vulnerables al colapso del stock, incluso cuando están sujetos a bajos niveles de presión de pesca (Agnew et al. 2000), registrándose grandes descensos de población e incluso extinciones locales, tal es el caso de especies como la raya común (Dipturus batis), raya barndoor (D. laevis), raya blanca (Rostroraja alba), raya espinosa (Raja clavata), raya lisa (D. innominatus) y la raya de nariz larga (D. oxyrinchus), las que se encuentran entre los mejores ejemplos documentados de extinciones locales en peces cartilaginosos como resultado de actividades pesqueras (Casey & Myers 1998; Francis et al., 2001; Dulvy et al., 2008; Dulvy & Forrest, 2010).

En el estudio de los patrones migratorios de especies de rayas a nivel mundial, Queirolo *et al*. (2022) identifican que se han empleado de manera general tres métodos de marcaje, correspondientes a etiquetas externas convencionales (tipo spaghetti), transmisores acústicos y transmisores satelitales, cada uno de los cuales presenta diversas ventajas y desventajas que deben

ser debidamente comprendidos y sopesados al momento de definir un programa de marcaje. Entre los principales aspectos a considerar se debe tener presente la información que se requiere obtener, la factibilidad de recaptura de los ejemplares marcados, el rango espacial que se desea cubrir, la disponibilidad presupuestaria para mantener en el tiempo un programa de marcaje y recaptura, entre otros. Conforme al estado del conocimiento de las rayas en Chile, se identifican dos aspectos claves sobre los cuales debe orientarse un programa de marcaje, correspondientes a comprender los procesos de migración de la fracción juvenil de la población, y la fidelidad de la especie con zonas de reproducción de las hembras.

b) Objetivo General

Determinar patrones de distribución espacial y migratorios del recurso raya volantín en el área principal de distribución de la especie en Chile mediante la implementación de un programa de marcaje.

c) Objetivos Específicos

- c.1. Definir un programa de marcaje de raya volantín a partir de hipótesis de distribución espacial y migración del recurso
- c.2. Implementar un programa de marcaje de raya volantín empleando transmisores satelitales
- c.3. Caracterizar las variables ambientales asociadas a la distribución de las rayas volantines sobre las cuales se ubicaron los transmisores satelitales
- c.4. Proponer un modelo conceptual de la distribución espacial y migraciones de raya volantín

d) Metodología

Para dar cumplimiento al objetivo general, el consultor deberá proponer una metodología de marcaje de ejemplares de raya volantín que permita responder interrogantes acerca de la distribución espacial y migraciones en las zonas más representativas de su abundancia poblacional. La metodología de marcaje debe considerar el uso de transmisores satelitales del tipo pop-up en conformidad con los resultados obtenidos en el proyecto FIPA 2019-13. Además, se deberá considerar técnicas, instrumentos, protocolos y referencias científicas de trabajos previos realizados para el marcaje de otras especies de la familia Rajidae de historia de vida similar al de raya volantín. Se deberán emplear procedimientos de captura tendientes a obtener la muestra requerida de ejemplares procurando evitar o minimizar el daño durante el proceso, de tal manera de asegurar la sobrevivencia luego de la devolución. En este sentido, no debe usarse ganchos u otras herramientas que generen heridas que puedan ocasionar la muerte o alteración de la conducta de los peces.

Para el cumplimiento del objetivo específico 1, el consultor deberá justificar una estrategia de marcaje que contribuya a responder preguntas clave acerca de la distribución espacial y migraciones de raya volantín. En particular, se sugiere considerar en el diseño al menos dos hipótesis que pueden ser sugeridas en base al conocimiento de raya volantín o de otras especies de la familia Rajidae, que

corresponden a: i) las hembras adultas retornan a desovar siempre a una misma zona geográfica, y ii) los juveniles, ya sean machos o hembras, son aquellos que realizan mayores cambios espaciales en su distribución. Lo anterior no limita que el oferente plantee otras hipótesis que den fundamento a su propuesta técnica.

Para el cumplimiento del objetivo específico 2, el consultor deberá implementar un programa de marcaje de raya que considere el levantamiento de información por al menos un período de 18 meses. El levantamiento de información estará referido como mínimo a: posición de liberación del pez y donde emerge el transmisor satelital, temperaturas mínima y máxima diaria, y profundidad mínima y máxima diaria. Otras variables pueden ser registradas durante el estudio en conformidad a la etiqueta satelital que sea empleada. Se sugiere emplear un transmisor pop-up modelo MiniPAT-348 fabricado por Wildlife Computers. El oferente deberá justificar la cantidad de transmisores a utilizar en relación con las hipótesis de distribución y migración que hayan sido establecidas en el marco del objetivo específico 1. Se debe justificar también los tiempos de liberación que serán usados para programar los transmisores satelitales.

Para el cumplimiento del objetivo específico 3, el consultor deberá realizar el procesamiento e interpretación de la información recolectada por los transmisores satelitales. La información diaria recolectada deberá ser relacionada con la época del año, ciclo lunar, área geográfica donde se distribuiría el ejemplar, entre otros. Este análisis debe orientarse a la comprobación de las hipótesis propuestas en el marco del objetivo específico 1. Se deberá contrastar la magnitud de las variables registradas entre ejemplares con el propósito de identificar patrones de comportamiento.

Para el cumplimiento del objetivo específico 4, el consultor deberá realizar una exhaustiva revisión de la literatura respecto de modelos conceptuales de stocks para especies afines. Se debe considerar la información recopilada tanto en el presente estudio como en experiencias piloto de marcaje y recaptura realizadas. El modelo conceptual que se proponga debe contribuir a las evaluaciones de stock y manejo pesquero del recurso en Chile.

e) Reuniones y/o Talleres

Durante la ejecución del proyecto, el consultor deberá realizar al menos las siguientes reuniones y/o talleres:

- Reunión de coordinación durante los primeros treinta días desde la fecha de inicio del proyecto, en la cual deberán participar representantes de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura y del equipo de trabajo del proyecto.
- Taller de estado de avance, a realizarse al tercer mes desde el inicio del proyecto, en el cual se deberá exponer y fundamentar el programa de marcaje que será implementado durante la ejecución del estudio.

 Taller de difusión de resultados, a realizarse previo a la entrega del pre-informe final del proyecto, para exponer los principales hallazgos obtenidos y las conclusiones que se desprenden de los análisis y resultados.

f) Resultados esperados

- Descripción detallada del programa de marcaje de raya volantín implementado, considerando como base las hipótesis de distribución espacial y migración del recurso
- Implementación de un programa de marcaje de raya volantín
- Descripción de los datos registrados de los transmisores satelitales instalados en ejemplares de raya volantín
- Interpretación global de la información obtenida con transmisores satelitales en ejemplares de raya volantín durante el programa de marcaje
- Propuesta de modelo conceptual de la distribución espacial y migraciones de raya volantín
- Conclusiones y recomendaciones emanadas de reuniones y talleres realizados durante la ejecución del proyecto

g) Duración del proyecto y entrega de informes

El proyecto tendrá una duración de 24 (veinticuatro) meses y se deberá iniciar a partir de la fecha de término de tramitación del acto administrativo que aprueba el contrato de investigación entre el Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura y el consultor adjudicatario de la licitación.

El consultor deberá entregar al Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) los siguientes informes:

- Informe de Avance I, al término del 6° mes de iniciado el proyecto
- Informe de Avance II, al término del 14° mes de iniciado el proyecto
- Pre-Informe Final, al término del 20° mes de iniciado el proyecto
- Informe Final, al término del 22° mes de iniciado el proyecto

h) Formato de bases de datos

El consultor deberá entregar el registro completo de toda la información recolectada durante el desarrollo del proyecto, debidamente estandarizado y validado, asegurando la trazabilidad y calidad de los datos. Otras especificaciones que pudieran ser definidas por el FIPA, serán comunicadas oportunamente al consultor que se adjudique el proyecto. El consultor deberá entregar las bases de datos y todos los registros asociados junto con el pre-informe final, ya que será considerada por el Consejo en la evaluación y sancionamiento de dicho documento.

i) Presupuesto referencial

En base a la metodología general propuesta anteriormente y a la valoración de estudios sectoriales recomendada por Queirolo *et al.* (2012), se presenta a continuación los principales ítems de costos para un proyecto de marcaje de raya volantín.

- Insumos y materiales. El principal gasto en este ítem corresponde a la adquisición de los transmisores satelitales. El costo de compra e importación de 34 transmisores equivalente a \$125.000.000, aproximadamente (US\$3900 c/u). (63% del valor total del proyecto).
- Gastos de operación. Considera gastos asociados al uso de embarcaciones, viáticos, arriendo de vehículo y seguros, que representaría aproximadamente el 5% del valor total del proyecto.
- Recursos humanos. Se consideró la participación de tres investigadores (uno de ellos investigador responsable), 2 profesionales que realizan labores de procesamiento y análisis de datos, y 2 técnicos para ejecutar las actividades de apoyo en terreno durante el estudio. En total, se estiman 2.400 horas-hombre para el total del proyecto, con un valor aproximado de \$24.000.000 (12% del valor total del proyecto).
- Administración. Corresponde al 20% del valor total del proyecto.

En base a lo anterior, se estima que el valor total del proyecto es de \$200.000.000

V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los métodos de marcaje y recaptura empleados en peces son diversos, pero básicamente se resumen en tres: los que han sido empleados en estudios de patrones de distribución, migraciones y conectividad en especies de rayas. Estos métodos corresponden a etiquetas externas convencionales, transmisores acústicos y transmisores satelitales. Cada uno de estos métodos tiene a su vez una diversidad amplia de posibilidades conforme a los requerimientos específicos. Por ejemplo, las etiquetas externas convencionales varían en su forma, tamaño y modo de sujeción al cuerpo del pez. Para el caso de rayas, la revisión realizada permitió establecer que etiquetas del tipo T-Bar (espagueti), Dart y discos Petersen son los comúnmente usados para estudios de marcaje. Entre estos métodos, se optó por los discos Petersen debido a que también pueden ser usados para la sujeción de transmisores acústicos y satelitales, siendo entonces un método de marcaje complementario. Dado que este método se basa en la recaptura, es necesario que la actividad pesquera esté en marcha y que los pescadores tengan la capacidad de informar los hallazgos de recaptura de peces con etiquetas. De lo contrario, será necesario disponer de cruceros de recaptura que, en general, eleva los costos y tienen baja probabilidad de éxito de recaptura.

En cuanto a los métodos basados en transmisores acústicos, existe un denominador común en prácticamente la totalidad de los trabajos revisados, referido al uso de transmisores de un único fabricante (Vemco). Si bien se identificaron otros en el mercado, los transmisores de la serie V (V8, V9, V10, V13 y V16) de la empresa Vemco han sido continuamente usados en estudios de distribución de rayas a nivel mundial. Estos transmisores poseen códigos únicos que permiten identificar peces individuales si están en el radio de cobertura acústica del receptor. Además, para rayas de las familias Rajidae, se han empleado preferentemente receptores acústicos fijos que componen un arreglo o red de receptores a lo largo de un área en donde se desea estudiar el comportamiento de estas especies. Posiblemente, para el estudio de distribución y migraciones de rayas en Chile, así como fidelidad por una zona, este es el sistema que mayor información puede entregar, pero requiere de una inversión elevada en cuanto a receptores acústicos en áreas clave de la distribución espacial de las especies en estudio.

Los sistemas basados en transmisores satelitales han sido muy importantes para estudiar migraciones de especies marinas, pero fundamentalmente aquellas especies que mantienen contacto con la superficie y, por lo tanto, puede ser "seguidas" por el sistema de satélites Argos. Esta no es la situación de las rayas en estudio, las que corresponden a especies que se distribuyen desde 40 hasta cerca de 500 m de profundidad. Por lo tanto, sólo es posible conocer la posición donde se capturó (momento en el cual se instala el transmisor) y el lugar en que el transmisor satelital emerge a superficie. El momento final en que emerge se debe establecer de manera previa, y dependerá de las características y capacidad del transmisor. En general, dicho período va entre 30 días y 2 años como máximo. Ahora bien, si se requiere responder a una pregunta de ruta de migración o crecimiento individual, este método no sirve. Una de las virtudes de estos transmisores y que se diferencia de otros

métodos se refiere al almacenamiento de datos ambientales, ya sea temperatura, profundidad y luminosidad durante los días que estuvo sujeto al pez, lo cual puede ser muy relevante para comprender hábitos y conocer las características del hábitat donde se distribuye.

La configuración y los costos de cada método de marcaje son un elemento que debe ser considerado en el momento de definir un programa de marcaje y recaptura. En el caso de etiquetas externas convencionales, el mayor costo corresponde al del programa de captura, a la dedicación de recursos humanos a etiquetar rayas y, dependiendo del caso, a la necesidad de compensar económicamente a los pescadores por cada ejemplar. La etiqueta en sí misma tiene un costo bajo (<\$2.000 por unidad), lo que ciertamente es muy inferior a un transmisor acústico V16 (desde \$500.000 c/u) y a un transmisor satelital sPAT 355 (desde \$2.000.000 c/u), considerando importación e impuestos. En el caso del transmisor acústico, se debe considerar también la adquisición de receptores acústicos, sistema de anclaje y liberadores acústicos para que los receptores emerjan y se pueda descargar los datos almacenados. Por su parte, en el caso del transmisor satelital, se deben considerar también los costos asociados al uso del sistema satelital Argos, lo cual depende de la cantidad de datos que se transmitan.

Dado que el presente estudio consiste en una experiencia piloto, se procuró invertir los recursos disponibles para obtener la mayor información posible, con tamaños de muestra que fuesen suficientes para probar las características de cada método en las especies en estudio.

Fue relevante entonces contar con los resultados del levantamiento del conocimiento empírico de los pescadores, lo cual proporcionó algunas señales muy relevantes para las definiciones del presente estudio piloto. En primer lugar, se aportaron elementos acerca de la sobrevivencia a la liberación, lo que a su vez es una característica ampliamente conocida para diversas especies de rayas. El hecho que se recapturen peces con anzuelos en el hocico es importante de conocer ya que podría indicar que resiste apropiadamente procedimientos de marcaje con etiquetas externas. Cabe señalar en este sentido que el uso de anzuelos desprendibles corresponde a un método de marcaje que ha sido utilizado en otras especies (ver Horn, 2003). También, se informó acerca de la recaptura de ejemplares con anzuelos (antiguos), marcas naturales o marcas inducidas lo cual indica que los pescadores pueden identificar marcas y etiquetas y, a su vez, que es probable la recaptura de peces marcados. Contar con antecedentes que indican la recaptura de peces luego de varios años permitiría avanzar en la confirmación de filopatría en estas especies.

De manera preliminar se identificaron tres zonas para implementar en piloto de marcaje, correspondiente a sectores cercanos a Lebu, Bahía Mansa y Comau-Hualaihué. Los dos primeros correspondieron a zonas de aguas exteriores en las regiones del Biobío y Los Lagos, mientras que el último se ubicó en aguas interiores en la región de Los Lagos. Por disponibilidad de embarcaciones en las condiciones necesarias para realizar la actividad de captura, solo fue posible implementar el piloto en Bahía Mansa y Comau-Hualaihué. Las etiquetas satelitales que serían usadas en el sector de Lebu, fueron distribuidas en las restantes localidades de trabajo. Sin duda los programas de marcaje y

recaptura requieren de plataformas de trabajo apropiadas, así como el compromiso de trabajo tanto en las etapas de captura, marcaje, liberación y recaptura. Aunque esto parece algo obvio, es sin duda una de las principales limitantes para programas de marcaje en Chile, tendientes a levantar información en el mediano y largo plazo, más que la mera actividad puntal para realizar un etiquetado de peces. Programas exitosos requieren de contratos de trabajo que puedan cumplirse, reduciendo la incertidumbre del cambio de prioridades que ocurre frecuentemente en la actividad pesquera regular.

En cuanto al proceso de captura, se visitaron zonas habituales de pesca de la flota artesanal de cada localidad, sin mayores inconvenientes para obtener la cantidad de ejemplares necesarios para el marcaje. El traslado de los ejemplares a la cubierta y retiro de anzuelos no es complejo de realizar, siendo fundamental la colaboración de la tripulación para evitar el uso de ganchos que pudieran dañar a los peces, imposibilitando su devolución. La regulación de la velocidad de virado fue algo importante de controlar, para evitar que los peces estuviesen fuera del agua por un tiempo elevado, siendo detenido el virado mientras un pez estuviese en proceso de marcaje. La acumulación de peces en cubierta no debe ocurrir ya que esto incrementa el riesgo de mortalidad, tanto fuera del agua como al momento de realizar la liberación.

Para el proceso de marcaje, y tal como se indicó anteriormente, se emplearon los tres tipos de marcas que han sido usadas en rayas a nivel mundial. La más simple correspondió al disco Petersen, una etiqueta externa convencional que se ubicó sobre y bajo la aleta pectoral, la cual fue perforada con la ayuda de una aguja con punta aguzada, la cual fue desinfectada para cada procedimiento. El disco Petersen es una de las marcas que ha tenido más éxito y que más se ha empleado en la historia de la biología haliéutica. Consiste en dos botones plásticos que se sujetan cada uno a un lado del pez con un pasador, por lo general con alambre de acero inoxidable (FAO, 1975).

Respecto a la efectividad del marcaje, este proyecto obtuvo una tasa de recaptura del 6% (3/50) con discos Petersen, lo que representa una tasa mayor a la obtenida por Lamilla *et al.* (2016) quienes recuperaron el 2,7% de las etiquetas usadas (2/74). Sin embargo, otros programas de larga data (5 años o más) como los llevado a cabo en aguas de Inglaterra en *Raja clavata*, durante la década de 1930, han reportado tasas de recaptura de 23% (Steven, 1936). En la bahía de Vizcaya en tanto, en un programa de marcaje llevado a cabo con discos Petersen y etiquetas de espagueti, entre 2011 y 2013 se recuperaron 265 ejemplares de 2.858 marcadas, alcanzando tasas de 9,3% (Blais *et al.*, 2014). Estos programas de larga data, con altas tasas de retorno y recaptura, son dependientes de la actividad local, sistemas de recompensas y planes de seguimiento en conjunto con las organizaciones de pescadores y de la pesquería, donde los recursos presentan periodos explotación a lo largo de todo el año, muy diferente a la situación nacional de raya volantín y raya espinosa, lo cual dificultaría la implementación de un programa basado única y exclusivamente en marcas tipo disco Pertersen.

Las etiquetas acústicas demuestran que son útiles para estudiar migraciones por zonas donde se espera transiten los peces, como sistemas de canales, ríos, o en sectores semicerrados, sin embargo, necesitan de amplias redes de receptores que encarecen la aplicación del método, en especial en

sectores de alta profundidad donde para ser recuperados se requiere el uso de liberadores acústicos. En nuestro caso, los receptores se instalaron a profundidades entre los 200-300. Uno de los receptores se perdió, y solo uno, de los dos restantes, registró datos que indicaron el paso de ejemplares marcados dentro del radio de detección del mismo, lo cual sumado a la alta profundidad del sector dificulto aún más la recuperación de los mismos. En otros estudios la red de receptores utilizados fue de 4, 6, 26, 40 y hasta 122 (Collins et al., 2007; Campbell et al., 2012, Morel et al., 2013; Ramsden et al., 2017; Frisk et al., 2019), todos ellos utilizados en aguas costeras de escasa profundidad (máximo 30 m). Es evidente que para especies con filopatría, con movimientos de pequeña escala, este método puede ser muy interesante, pero dadas las características de nuestra costa y la distribución batimétrica de las especies en estudio, este método requeriría un alto costo de instalación, mantención y recuperación de la red de receptores. Cabe destacar que, según la literatura citada, este sería una de las aplicaciones más profundas del método, lo que hace de estos registros acústicos los primeros en el país.

Las etiquetas satelitales demostraron ser altamente efectivos, recuperando datos del 100% de ellas (10/10). Otros estudios que utilizaron el mismo tipo de marca han presentado tasas de recuperación algo menor, del 64% aplicada a la anguila europea *Anguilla anguilla*, (Aarestrup, et al 2009), 75% en Alaska (6/8) en raya *Beringraja binoculata* (Farrugia *et al.*, 2016) y del 81,3% (61/75) en *Amblyraja radiata* en el Golfo de Maine (Knotek *et al.*, 2019).

La alta tasa de sobrevivencia, 8 de los 10 transmisores se liberan en el tiempo programado y 2 corresponden a capturas por pesca sobre los 30 días de ser liberados, es atribuible a varios factores. El principal corresponde al adecuado manejo de los ejemplares durante el izado, el rápido trabajo en cubierta y al cuidadoso proceso de marcaje propiamente tal. Otros autores como Ellis *et al.* (2017), consideran que todas las muertes, en el caso de otros elasmobranquios, se debieron al evento de captura, mientras que Hutchinson *et al.* (2015) consideran que ocurrió dentro de los 10 días posteriores a la liberación como resultado del evento de pesca, y no al proceso de marcaje propiamente tal.

Ahora bien, las principales limitaciones que se han identificado en la pesquería de rayas para implementar un plan de marcaje y recaptura están relacionadas con las variaciones en la temporada de pesca, el bajo grado de cobertura de la flota en términos espacial y temporal, y la existencia de capturas fuera de períodos autorizados y, por lo tanto, no existiría reporte apropiado de recaptura. De este modo, los términos técnicos de referencia propuestos cubren las principales interrogantes que son factibles de resolver mediante un programa de marcaje, considerando las limitaciones propias de la pesquería que han sido identificadas y descritas en este trabajo.

En cuanto a la difusión de este proyecto, se expuso ante el Comité de Manejo de Raya Volantín y Raya Espinosa los principales resultados del estudio, en sesión ordinaria del Comité del día el 5 de mayo de 2022. Luego, el 16 de junio de 2022, se presentaron los resultados en un taller de difusión y discusión de resultados, instancia que contó con la participación de 26 personas. En ambas instancias

se identifica la necesidad de contar con un programa de marcaje para aumentar el conocimiento de la distribución y migraciones de estas especies.

En conclusión, los tres métodos de marcaje aplicados pueden ser usados en programas de marcaje y recaptura de rayas en Chile. El mejor método para un programa de marcaje y recaptura dependerá del propósito del estudio, de las características de la pesquería y los antecedentes de la distribución de las especies.

VI. CONCLUSIONES

A partir de los resultados preliminares disponibles es posible concluir que:

- Los tres métodos de marcaje pueden ser usados en programas de marcaje y recaptura de rayas en Chile, sin embargo, el mejor método para un programa de marcaje y recaptura dependerá del propósito del estudio.
- La implementación de un piloto de marcaje de raya volantín y raya espinosa con tres métodos permitió determinar que todos son viables de ser usados en estas especies, no obstante que la eficiencia de recaptura o retorno de información es diferente entre métodos.
- Para el caso de raya volantín y raya espinosa, dada la extensión de su distribución, el amplio rango de distribución batimétrica y que la pesquería está prácticamente inactiva durante todo el año, los métodos de marcaje adecuados son aquellos independientes de las devoluciones que puedan provenir de la actividad extractiva. Estos corresponden a transmisores acústicos y transmisores satelitales.
- Para el éxito de los estudios con transmisores acústicos es fundamental contar con una amplia red o arreglo de receptores acústicos en el área de distribución de las especies, lo que en el caso de Chile es un área muy extensa.
- El uso de transmisores acústicos solo se recomienda para el estudio de migración en áreas acotadas para responder a procesos locales de distribución de estas especies. Para responder hipótesis de conectividad en áreas mayores, se debe establecer una red de receptores acústicos en una extensión mayor, con altos costos de inversión.
- Dado el irregular desarrollo de la pesquería en términos de cantidad de actividad de la flota, cobertura espacial e informalidad en el reporte, no es recomendable el uso de métodos de marcaje que requieran la participación activa de la flota. Por el contrario, se recomienda el uso de transmisores satelitales cuya efectividad demostró ser alta para estudiar procesos migratorios y distribución espacial, así como la información registrada es útil para avanzar en la comprensión de sus patrones de comportamiento batimétrico.
- Los transmisores satelitales fueron el método que presentó la más alta tasa de recaptura/recuperación, sin embargo, una de sus limitantes es el alto costo asociado a cada transmisor (entre US\$2.000 y US\$4.200).

- Se desarrollaron términos técnicos de referencia focalizados en el estudio de solo una especie, raya volantín, por ser ésta la que sustenta la pesquería y dado que en un contexto de recursos económicos escasos para investigación, es fundamental la focalización del presupuesto.
- Los términos técnicos de referencia se orientan a responder hipótesis asociadas a la filopatría de hembras adultas y procesos de migración de la fracción juvenil.
- Un proyecto de marcaje dirigido a raya volantín tendiente a avanzar en el conocimiento de sus patrones migratorios y distribución espacial, se estima en MM\$200 por un período de 2 años, estudiando aproximadamente a 34 ejemplares en su área principal de distribución.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarestrup, K., F. Økland, M. Hansen, D. Righton, P. Gargan, M. Castonguay, L. Bernatchez, P. Howey, H. Sparholt, M. Pedersen & R. McKinley. 2009. Oceanic Spawning Migration of the European Eel (*Anguilla anguilla*). Science 325 (5948).
- Agnew DJ, CP. Nolan, JR. Beddington & R. Baranowski. 2000. Approaches to the assessment and management of multispecies skate and ray fisheries using the Falkland Islands fishery as an example. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 57: 429–440.
- Andrade I. & G. Pequeño. 2008. Mesobathic chondrichthyes of the Juan Fernández seamounts: are they different from those of the central Chilean continental slope? Revista de Biología Tropical 56: 181-190.
- Bahamonde F, G. Ojeda, B. Leiva, L. Muñoz & M. Rojas. 1996. Pesca exploratoria de raya volantín en la zona sur- austral. Instituto de Fomento Pesquero Informe Técnico No. 96–26. IFOP, Valparaíso
- Benjamins *et al.*, 2018. Evaluating the potential of photo-identification as a monitoring tool for flapper skate (*Dipturus intermedius*). Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst. 28: 1360–1373
- Biais, G., C. Hennache, É. Stéphan, A. Delamare, 2014. Mark-recapture abundance estimate of undulate ray in the Bay of Biscay. WD for 2014 ICES WGEF
- Braun, C.D., G.B. Skomal, S.R. Thorrold, M.L. Berumen. 2015. Movements of the reef manta ray (*Manta alfredi*) in the Red Sea using satellite and acoustic telemetry. Mar. Biol. 162: 2351–2362
- Burt, G., Goldsmith, D. and Armstrong, M., 2006. A summary of demersal fish tagging data maintained and published by Cefas. Sci. Ser. Tech Rep., Cefas Lowestoft, 135: 40pp.
- Bustamante C, Vargas-Caro C & Bennett MB. 2014. Biogeographic patterns in the cartilaginous fauna (Pisces: Elasmobranchii and Holocephali) in the southeast Pacific Ocean. PeerJ2:e416 doi: 10.7717/peerj.416.
- Bustamante C, Vargas-Caro C, Oddone MC, Concha F, Flores H, Lamilla J & Bennett MB. 2012. Reproductive biology of *Zearaja chilensis* (Chondrichthyes: Rajidae) in the south-east Pacific Ocean. J Fish Biol 80: 1213–26.
- Campbell, H.A, J.Hewitt, M. Earl, S.Peverell & C. Framklin. 2012. Short- and long-term movement patterns in the freshwater whipray (*Himantura dalyensis*) determined by the signal processing of passive acoustic telemetry data. Marine and Freshwater Research 63(4):341-350.
- Cartamil, D.P. J. Vaudo C. Lowe, B. Wetherbee & K. Holland. Diel movement patterns of the Hawaiian stingray, *Dasyatis lata*: implications for ecological interactions between sympatric elasmobranch species. Marine biology (Berlin). 2003, Vol 142, Num 5, pp 841-847, 7 p.
- Casey, JM & RA. Myers. 1998. Near extinction of a large, widely distributed fish. Science 281:690–692 doi: 10.1126/ science.281.5377.690.
- Cerutti-Pereyra, F., M. Thums, C. M. Austin, C. J. A. Bradshaw, J. D. Stevens, R. C. Babcock, R. D. Pillans, M. G. Meekan. 2014. Restricted movements of juvenile rays in the lagoon of Ningaloo Reef, Western Australia evidence for the existence of a nursery. Environ Biol Fish. 97: 371–383.

- Céspedes R, R. Licandeo, C. Toledo, F. Cerna & M. Donoso. 2005. Estudio biológico pesquero y estado de situación del recurso raya volantín, en aguas interiores de la X a XII Regiones. Informe Técnico FIP 2003–12. IFOP, Concepción. Retrieved September 25 2014.
- Collins, A.B., M. R. Heupel and P. J. Motta. 2007. Residence and movement patterns of cownose rays *Rhinoptera bonasus* within a south-west Florida estuary. Journal of Fish Biology. 71, 1159–1178.
- Dulvy NK & JD Reynolds. 2002. Predicting extinction vulnerability in skates. Conservation Biology 16: 440–450.
- Dulvy NK & RE. Forrest. 2010. Life histories, population dynamics, and extinction risks in Chondrichthyans. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR (eds) Biology of Sharks and their Relatives II: Biodiversity, Adaptive Physiology, and Conservation. CRC Press, Boca Raton, pp 639–680.
- Dulvy NK, JD. Metcalfe, J. Glanville, MG. Pawson & JD. Reynolds. 2000. Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. Conservation Biology 14:283–293.
- Dulvy NK, JK. Baum, S. Clarke, LJV. Compagno & E. Cortés. 2008. You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 18:459–482.
- Ebert DA & LIV Compagno. 2007. Biodiversity and systematic of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). Environmental Biology of Fishes. 80: 111-124.
- Ellis, J.R., G. Burt, and L. Cox. 2008. Programme 19: Thames Ray Tagging and Survival. Fisheries Science Partnership: 2007/08.
- Ellis, J.R., P. Mccully & F. Poisson. 2017. A review of capture and post-release mortality of elasmobranchs. Journal of Fish Biology. Volume 90, Issue 3, Pages 653-722.
- FAO, 1975. Manual de Ciencia Pesquera, Parte 2 Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación. Holden & Raitt eds. 272 pp.
- Farrugia, T., K. Goldman, C. Tribuzio, & A.C. Seitz. 2016. First use of satellite tags to examine movement and habitat use of big skates *Beringraja binoculata* in the Gulf of Alaska. Marine Ecology Progress Series. 556. 10.3354/meps11842.
- Francis MP, C. Ó Maolagáin & D. Stevens. 2001. Age, growth, and sexual maturity of two New Zealand endemic skates, *Dipturus nasutus* and *D. innominatus*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 35: 831–842.
- Frisk MG, Shipley ON, Martinez CM, McKown KA, Zacharias JP, Dunton KJ. 2019. First observations of long-distance migration in a large skate species, the winter skate: implications for population connectivity, ecosystem dynamics, and management. Mar Coast Fish 11: 202–12.
- Frisk MG, TJ Miller & MJ Forgarty. 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 969–981.
- Fulton, T.W. 1893. An Experimental Investigation of the Migrations and Rate of Growth of the Food Fishes. Eleventh Ann. Rept., Fishery Board for Scotland, pt. III, p. 176. (1892)

- García de la Rosa, S.B., F. Sánchez & L.B. Prenski. 2000. Rayas, pesca de altura. Pesquerías de Argentina, 1997-1999. In: J. Cajal y L.B. Prenski (eds.). Diagnóstico de los recursos pesqueros, pp. 295-308. INIDEP.
- Gili R, M. Donoso, V. Ojeda, A. López & H. Miranda. 1999. Parámetros poblacionales de raya volantín VIII a X Regiones y métodos de asignación de edades. Informe Técnico FIP 97–20. IFOP, Concepción. Retrieved September 25 2014.
- Hamish A. Campbell, Matthew Hewitt, Matthew E. Watts, Stirling Peverell and Craig E. Franklin. 2012. Short- and long-term movement patterns in the freshwater whipray (*Himantura dalyensis*) determined by the signal processing of passive acoustic telemetry data. Marine and Freshwater Research, 63, 341–350.
- Horn, P.L. 2003. Stock structure of bluenose (*Hyperoglyphe antarctica*) off the north-east coast of New Zealand based on the results of a detachable hook tagging programme. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 37(3): 623-631.
- Hunter, E., F. Berry, A. Buckley, C. Stewart and J.D. Metcalfe. 2006. Seasonal migration of thornback rays and implications for closure management. Journal of Applied Ecology. 43, 710–720
- Hutchinson, M. R., Itano, D. G., Muir, J. A. & Holland, K. N. (2015). Post-release survival of juvenile silky sharks captured in a tropical tuna purse seine fishery. Marine Ecology Progress Series 521, 143–154.
- Knotek, R., J. Kneebone, J. Sulikowski, T. Curtis, J. Jurek, and J. Mandelman. 2019. Utilization of pop-up satellite archival transmitting tags to evaluate thorny skate (*Amblyraja radiata*) discard mortality in the Gulf of Maine groundfish bottom trawl fishery.
- Koen A., M. Crespo, E.A. García, N.A. Pedraza, S.N. Mariotti, P.A. Berón, B. Vera & N.J. Mora. 2001. Food habits of *Dipturus chilensis* (Pisces: Rajidae) off Patagonia, Argentina. ICES J. Mar. Sci. 58, 288–29.
- Lamilla J, Barría C & Flores H. 2011. Monitoreo biológico de los recursos raya volantín *Zearaja chilensis* y raya espinosa *Dipturus trachyderma* en el litoral de la región de Los Ríos. Informe técnico P. INV. R. EX. N° 318. Subsecretaría de pesca, 106 pp.
- Lamilla J, C Bustamante, R Roa, E Acuña, F Concha, R Meléndez, S López, G Aedo, H Flores & C Vargas. 2010. Estimación del descarte de condrictios en pesquerías artesanales. Informe Final Proyecto del Fondo de Investigación Pesquera (F.I.P.) № 2008-60. Subsecretaría de Pesca. Universidad Austral de Chile, 259 pp.
- Lamilla J, Flores H, Garcés E & Miranda M. 2012. Patrones de distribución espacio temporal *de Zearaja* chilensis y Dipturus trachyderma en el área marítima de la región de Magallanes y la Antártica chilena. Informe técnico P. INV. R. EX. N° 2597 Subsecretaría de Pesca. 58 pp.
- Lamilla J., Barría C. & Flores H. 2011. Monitoreo biológico de los recursos raya volantín *Zearaja chilensis* y raya espinosa *Dipturus trachyderma* en el litoral de la región de Los Ríos. Informe técnico P. INV. R. EX. N° 318. Subsecretaría de pesca, 106 pp.
- Lamilla, J., JR, Ovenden, C. Bustamante, MB. Bennett & C. Vargas-Caro- 2016. Unidades poblacionales de raya volantín (*Zearaja chilensis*) y raya espinosa (*Dipturus trachyderma*) entre la V y XII Regiones. Informe Final Proyecto del Fondo de Investigación Pesquera (F.I.P.) Nº 2013-29. Subsecretaría de Pesca. Universidad Austral de Chile, 419 pp.

- Licandeo R, F. Cerna & R. Céspedes. 2007. Age, growth, and reproduction of the roughskin skate, Dipturus trachyderma, from the southeastern Pacific. ICES Journal of Marine Science 64:141–148.
- Licandeo R, J. Lamilla PG. Rubilar & R. Vega. 2006. Age, growth, and sexual maturity of the yellownose skate *Dipturus chilensis* in the south-eastern Pacific. Journal of Fish Biology 68:488–506.
- Licandeo R. & FT. Cerna. 2007. Geographic variation in life- history traits of the endemic kite skate *Dipturus chilensis* (Batoidea: Rajidae), along its distribution in the fjords and channels of southern Chile. Journal of Fish Biology 71:421–440.
- Loher T, Seitz A (2006) Seasonal migration and environmental conditions of Pacific halibut Hippoglossus stenolepis, elucidated from pop-up archival transmitting (PAT) tags. Mar Ecol Prog Ser 317: 259–271.
- Lucífora, L. O. J.L. Valero, C.S. Bremec & M. Lasta. 2000. Feeding habits and prey selection by the skate *Dipturus chilensis* (Elasmobranchii: Rajidae) from the south-western Atlantic. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 80, 953–954.
- McEachran JD & T Miyake. 1990. Zoogeography and bathymetry of skates (Chondrichthyes, Rajoidei). In: HL Pratt, SH Gruber & T Taniuchi. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries (eds). Technical report National Marine Fisheries Service, no. 90, National Oceanic & Atmospheric Administration, Washington, D. C., 305–326 pp.
- Morel, G.M., J. Shrives, S.F. Bossy and C.G. Meyer. 2012. Residency and behavioural rhythmicity of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) and rays (Raja spp.) captured in Portelet Bay, Jersey: implications for Marine Protected Area design. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Neat, F., C. Pinto, I. Burrett, L. Cowie, J. Travis, J. Thorburn, F. Gibb & P.J. Wright. 2015. Site fidelity, survival and conservation options for the threatened flapper skate (*Dipturus* cf. intermedia). Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 25: 6–20.
- Ogburn MB, Bangley CW, Aguilar R, Fisher RA, Curran MC, Webb SF, Hines AH (2018) Migratory connectivity and philopatry of cownose rays *Rhinoptera bonasus* along the Atlantic coast, USA. Mar Ecol Prog Ser 602:197-211.
- Peklova, I., N.E. Hussey, K.J. Hedges, M.A. Treble, A.T. Fisk. 2014. Movement, depth and temperature preferences of an important bycatch species, Arctic skate *Amblyraja hyperborea*, in Cumberland Sound, Canadian Arctic Endang Species Res 23: 229–240, 2014.
- Pérez M.C., Gálvez P. Garcés, E & González J. 2017. Estatus y posibilidad de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2018: Raya volantín, 2018. Informe 2 Estatus. Convenio de Desempeño Subsecretaría de Economía y EMT / IFOP, Chile: 139 pp.
- Pinto, C., J.A. Thorburn, F. Neat, P.J. Wright, S. Wright, B.E. Scott, T. Cornulier, J.M. J. Travis. 2016. Using individual tracking data to validate the predictions of species distribution models. Diversity and Distributions (Diversity Distrib.) 22, 682–693.

- Poisson, F., Filmalter, J. D., Vernet, A.-L. & Dagorn, L. (2014). Mortality rate of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) caught in the tropical tuna purse seine fishery in the Indian Ocean. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 71, 795–798
- Queirolo *et al.*, 2013. Valoración de estudios sectoriales y proyectos de investigación (Ficha Licitación Nº 4728-38-LE12), Valparaíso: PUCV Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
- Quiroz, J.C. 2006. Investigación CTP raya volantín en la VIII a X Regiones 2006. Instituto de Fomento Pesquero Subsecretaría de Pesca. Informe Final, 36.
- Quiroz, J.C., R. Wiff & R. Céspedes. 2007. Reproduction and population aspects of yellownose, skate Dipturus chilensis (Pisces, Elasmobranchii, Rajidae), from southern Chile. Journal of Applied Ichthyology.
- Quiroz, J.C., Wiff, R., Céspedes, R. (2009). Reproduction and population aspects of the yellownose skate, Dipturus chilensis (Pisces, Elasmobranchii: Rajidae), from southern Chile. Journal of Applied Ichthyology 25, 72–77.
- Ramsden, S., C.F. Cotton & M.C. Curran. 2017. Using acoustic telemetry to assess patterns in the seasonal residency of the Atlantic stingray Dasyatis sabina. Environ Biol Fish. 100:89–98.
- Rodríguez-Cabello, C., Gil, Juan, Canoura, J., Farias, Carlos, Sobrino, Ignacio, Piñeiro, Carmen, Camiñas, Juan, Valeiras, Julio, Goñi, Raquel, Díaz, David, Villamor, Begoña, Rodríguez-Marín, E., Landa, Jorge, Sánchez, Javier, Iglesias, Josè, Fuentes, Leslie, Otero, Juan, Ortiz de Zarate, Victoria, Cort, José, Pereda, Pilar. (2009). Estudios de marcado y recaptura de especies marinas. Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Ciencia e Innovación ISBN: 978-84-95877-47-3.
- Seitz AC, Wilson D, Norcross BL, Nielsen JL. 2003. Pop-up archival transmitting (PAT) tags: a method to investigate the migration and behavior of Pacific halibut *Hippoglossus stenolepis* in the Gulf of Alaska. Alaska Fish Res Bull 10: 124–136.
- Steven, G.A. 1936. Migrations and growth of the Thornback ray (*Raia clavata*). Marine Biological Association of the United Kingdom 20(3): 605-614.
- Thorstad EB, Rikardsen AH, Alp A, Økland F. 2013. The use of electronic tags in fish research—an overview of fish telemetry methods. Turk J Fish Aquat Sci. 13: 881–96.
- Treloar, M.A., N.S. Barrett and G. J. Edgar. 2016. Biology and ecology of *Zearaja maugeana*, an Endangered skate restricted to two south-western Tasmanian estuaries. Marine and Freshwater Research
- Treloar, Ma, S. Neville, G. Barrett & J. Edgar, 2017. Biology and ecology of *Zearaja maugeana*, an Endangered skate restricted to two south-western Tasmanian estuaries. DOI: 10.1071/mf15478.
- Vargas-Caro C, Bustamante C, Lamilla J & Bennett MB. 2015. A review of longnose skates Zearaja chilensis and *Dipturus trachyderma* (Rajiformes: Rajidae). Universitas Scientiarum 20(3): 321-359
- Vargas-Caro C., 2010. Captura incidental y descarte de peces cartilaginosos (pisces: Chondrichthyes) en la pesquería artesanal de raya volantín *Zearaja chilensis* (guichenot, 1848). Tesis para optar al Título de Biólogo Marino.
- Vargas-Caro, C., Bustamante, C., Bennett, M.B., and Ovenden, J.R. 2017. Towards sustainable fishery management for skates in South America: The genetic population structure of *Zearaja chilensis*

- and *Dipturus trachyderma* (Chondrichthyes, Rajiformes) in the south-east Pacific Ocean. PLoS ONE, 12(2).
- Walker, P. A., Howlett, G., and Millner, R. 1997. Distribution, movement and stock structure of three ray species in the North Sea and eastern English Channel. ICES Journal of Marine Science, 54: 797–808.
- Wearmouth, V.J., D.W. Sims. 2009. Movement and behaviour patterns of the critically endangered common skate *Dipturus batis* revealed by electronic tagging. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 380: 77–87.

VIII. ANEXOS

Anexo I. Encuesta usada para el levantamiento de datos de pescadores artesanales



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO Escuela de Ciencias del Mar FIPA 2019-13 MARCAJE DE RAYAS



 	Datos Personales									
Localidad					1					
Caleta	 i i									
Nombre Entrevistado	 i i									
Rol en la embarcación					· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
Años en la pesquería			Teléfono							
 	Car	acterísticas c	de la embarcación							
Nombre embarcación			Eslora(m)							
Tipo de embarcación			Potencia motor (hp.)							
Construcción (material)			Capacidad de bodega (ton.)		!					
Matricula			Numero de tripulantes		1					
 	Ar		os de pesca usados							
Red	Si:	No:	Espinel	Si:	No:					
Longitud RED (mts./bz)			Longitud ESPINEL (mts./bz.)	i 						
Numero de paños	; 		N° de Cajones o canastos							
Tamaño de malla (mm.)	; 		Numero de Anzuelos							
Material (mm.)	[Tamaño anzuelo (n°)							
Referencia de una bz.	!		Tipo de carnada							
Tiempo de Reposo			Tiempo de reposo							
Virado manual o asistido	Virado manual o asistido									
i i h		aracteristicas	de la operación							
Zona de pesca (carta náutic			 							
Criterio de Selección zona d	e pesca		 		 					
Duración de la marea			; ! !		: :					
Profundidad trabajo (mts./b	oz.)		<u> </u> 							
Captura de especies objetiv	o individu	al o mezclada	 							
Forma de subir la raya a bo	rdo									
Captura por marea de raya	volantín									
Captura por marea de raya	espinosa		 							
Sobrevivencia de ejemplare	s captura	dos								
,					1					
Manejo de la captura										
!										
Fauna Acompañante			 		! ! !					
Otra pesquería asociada			<u> </u>							
Otra pesquerra asociada										
			L							



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO Escuela de Ciencias del Mar FIPA 2019-13 MARCAJE DE RAYAS



Comercia	alización	
Precio referencia kg de raya (\$)		
Peso/talla promedio individuos comerciales r. volantín		
Peso mínimo comercial R. Volantín		
Peso/talla promedio individuos comerciales r. espinosa		
Peso/talla mínimo comercial R. Espinosa		
Rechazo por talla o peso (si/no)		; ! ! !
Comercialización captura (entera o por partes)		
	<u> </u>	! ! '
Antecedentes de la pesqu	ería y recurso R. Volantín	
Existen cambios en la distribución latitudinal de los recu		No
Por qué motivos p: Condiciones ambientales-Reproductivas-		
i		
Antecedentes de la pesqu	ería y recurso R. Espinosa	
Existen cambios en la distribución latitudinal de los recu		No
Por qué motivos p. Condiciones ambientales-Reproductivas		
L		
,		
Capacidad de embarque de personas Costo por salida (por día de operación)		
Participación en actividades de marcaje de rayas anteri	ores	
Interés de participar del estudio de migración		
Observaciones:		

Anexo II. Personal participante por actividad y actividades según período de ejecución

Actividades	Dante Queirolo	Rodrigo Wiff	Mauricio Ahumada	Pedro Apablaza	Santiago Gacitúa	José Merino	Víctor Zamora	Roberto Escobar	Técnicos
Reuniones de trabajo	х	х	х	х	х	х	х	х	х
Revisión bibliográfica	х	х	х		х				
Análisis de antecedentes	х		х	х	х				
Taller de trabajo	х	х	х	х					
Adquisición de equipos	х			х		х			
Capacitaciones internas				х		х	х	х	х
Encuestas y entrevistas				х				х	
Arriendo de embarcaciones				х					
Instalación de marcas				х				х	х
Instalación de receptores acústicos				х				х	х
Seguimiento de marcas				х			х		
Recuperación de receptores acústicos				х				х	х
Procesamiento de datos	х		х	х			х		
Análisis de resultados	х	х	х	х	х				
⊟aboración de TTR	х								
⊟aboración de informe de avance	х	х	х	х	х				
Baboración de pre-informe final	х	х	х	х	х				

Actividades	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sept-20	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sept-21	oct-21	nov-21	dic-21	ene-22	feb-22	mar-22
Reuniones de trabajo	Х	х	х	х	Х	х												Х	Х	Х	х	Х	х	х	х	х	х
Revisión bibliográfica	х	х	х																								
Análisis de antecedentes		х	х	х	х	х																					
Taller de trabajo						х																					
Adquisición de equipos							х	Х	х	х	х																
Capacitaciones internas																	х	х	х		х						
Encuestas y entrevistas			х	х	х																						
Arriendo de embarcaciones																				Х	х	х	х	х			
Instalación de marcas																				Х	х						
Instalación de receptores acústicos																				х	х						
Seguimiento de marcas																				Х	х	х	х	х	х	х	
Recuperación de receptores acústicos																						х		х			
Procesamiento de datos																						х	х	х	х	х	
Análisis de resultados																									х	х	х
Elaboración de TTR																										х	х
Elaboración de informe de avance						х																					
Elaboración de pre-informe final																											х

Personal Participante por Actividad (Horas)

		2019		20	20			20	21		20		
Nombre	Actividades	NOV-DIC	ENE-MZO	ABR-JUN	JUL-SEP	OCT-DIC	ENE-MZO	ABR-JUN	JUL-SEP	OCT-DIC	ENE-MZO	ABR-JUN	Total
Dante Queirolo	Act. grales + Informes	20	10	10					20	10	10	20	100
	Objetivo 1	10	10										20
	Objetivo 2		10	10					10	10	10	10	60
	Objetivo 3										10	10	20
		30	30	20	0	0	0	0					200
Rodrigo Wiff	Act. grales + Informes	10	10	5					5	10	10	10	60
	Objetivo 1	5	10										15
	Objetivo 2		15	15					10	5			45
	Objetivo 3										10	10	20
		15	35	20	0	0	0	0					140
Mauricio Ahumada	Act. grales + Informes	10	10	10					10	10	10	10	70
	Objetivo 1	10	10										20
	Objetivo 2		10	10					5	5	10	10	50
	Objetivo 3								-	•	15	15	30
	objectio 5	20	30	20	0	0	0	0			-10		170
Pedro Apablaza	Act. grales + Informes	10	10	10	<i>y</i>	· ·	J	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	20	10	10	20	90
1 сию Аравага	Objetivo 1	10	10	10					20	10	10	20	20
	Objetivo 2	10	5	5					30	30			70
	Objetivo 3		3	3					30	30			0
	Objetivo 3	20	25	15	0	0	0	0					180
Santiago Gacitúa	Act. grales + Informes	20	15	15	0	- 0	0	0	20	10	10	20	110
Samago Gaenta	Objetivo 1	20	13	13					20	10	10	20	0
	,		25	25					30	20	20	20	
	Objetivo 2		25	25					30	20	20	20	140
	Objetivo 3	20	40	10									
T / N/ :	A . 1 . T.C	20 10	40 10	40 10	0	0	0	0	10	10			250
José Merino	Act. grales + Informes		10	10					10	10			50
	Objetivo 1	10	25	25					20	20	20	20	10
	Objetivo 2		25	25					30	20	20	20	140
	Objetivo 3												0
		20	35	35	0	0	0	0					200
Víctor Zamora	Act. grales + Informes												0
	Objetivo 1	10	10										20
	Objetivo 2		40	40					60	60	30	20	250
	Objetivo 3												0
		10	50	40	0	0	0	0					270
Roberto Escobar	Act. grales + Informes												0
	Objetivo 1												0
	Objetivo 2		40	40					60	60	30	20	250
	Objetivo 3												0
		0	40	40	0	0	0	0					250
Técnicos (3)	Act. grales + Informes	40	40	40					40	40	20		220
	Objetivo 1												0
	Objetivo 2		60	60					200	200	40		560
	Objetivo 3												0
		40	100	100	0	0	0	0					780
Digitación	Act. grales + Informes												0
-	Objetivo 1												0
	Objetivo 2								100	100	100		300
	Objetivo 3												0

Anexo III. Participantes en taller de difusión de resultados (16 de junio de 2022)

Lista de Asistentes

Andrés Flores Karen Guissen
Antonio Vargas Lorenzo Flores
Rodrigo Wiff Mauricio Ahumada

Claudio Vargas Mauricio Steffen Villanueva

Claudio Vera Pablo Ortiz

Danilo de la Rosa Rafael Hernández Edison Garcés Roberto Escobar

Felipe Miranda R. Barraza

Fernanda Mercado

H. Flores
Rodrigo Cifuentes
Hugo Villalobos
Dante Queirolo
Jorge Farías
Pedro Apablaza
Juan Carlos Orellana
Rodrigo Palma

