



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**APLICACIONES DEL MARCAJE:
PERCEPCIONES PARA SU USO SOBRE LA CONSERVACIÓN EN
PECES DE ARRECIFE**

Gabriela Paz Winkler Matus

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico
Veterinario
Departamento de Medicina
Preventiva Animal

PROFESOR GUÍA: Alejandro Pérez Matus
Pontificia Universidad Católica y Subtidial Ecology Laboratory
SANTIAGO, CHILE
AÑO 2021



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**APLICACIONES DEL MARCAJE:
PERCEPCIONES PARA SU USO SOBRE LA CONSERVACIÓN EN
PECES DE ARRECIFE**

Gabriela Paz Winkler Matus

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico
Veterinario
Departamento de Medicina
Preventiva

Nota Final

Prof. Guía: Alejandro Pérez Matus	Firma.....
Profesor Corrector: Cristóbal Briceño	Firma.....
Profesor Corrector: Christopher Hamilton-West	Firma.....

SANTIAGO, CHILE

2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi mamá y papá por guiarme con cariño por los caminos de la vida, por todo el amor y apoyo que constantemente me han entregado. Gracias por estar y ser tal cual como son.

Agradezco especialmente a mi profesor Alejandro por confiar en mis capacidades y enseñarme con cariño la magia del mar y sus habitantes. Gracias por darme esta gran oportunidad de acercarme a la ciencia, la conservación y la naturaleza, por darme confianza en mí misma e incentivarme a conquistar mis metas. Gracias por el esencial trabajo que realiza por la conservación del mar y por darme la oportunidad de participar en un equipo multidisciplinario de alto nivel académico. Gracias también a mis compañeros y compañeras del Subelab, por mostrarme su pasión por el mar y la investigación marina.

A mi compañero Mike por enseñarme a bucear y a descubrir el mar. Por llenarme de aventuras, apoyarme con cariño y complementar los más lindos momentos.

Finalmente, dedico esta memoria a mi querido tío Jano Lagos, que su recuerdo y energía de vivir al máximo cada día siempre esté con nosotros y con su familia. Que su alegría y ganas de vivir inunden nuestros corazones y sean un ejemplo para seguir.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
LISTA DE ACRÓNIMOS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
HISTORIA DEL MARCAJE DE PECES DE ECOSISTEMAS MARINOS	3
GENERALIDADES DEL MARCAJE EN PECES DE ARRECIFE	5
BIENESTAR ANIMAL EN PECES DE ARRECIFE	5
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
MATERIALES Y MÉTODOS OBJETIVO ESPECÍFICO N°1: “DESCRIBIR LOS TIPOS DE MARCAJES UTILIZADOS EN PECES DE ECOSISTEMAS MARINOS”	9
MATERIALES Y MÉTODOS OBJETIVO ESPECÍFICO N°2: “RECOPILAR CARACTERÍSTICAS CLAVES ACERCA DEL USO MARCAJES EN PECES DE AMBIENTES MARINOS MEDIANTE UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ESTUDIOS PUBLICADOS EN LOS AÑOS 2018-2020”	9
MATERIALES Y MÉTODOS OBJETIVO ESPECÍFICO N°3: “PROPONER UN PROTOCOLO DE MARCAJE MIXTO PARA UN PEZ COMÚN QUE HABITA LOS ARRECIFES CHILENOS, PERMITIENDO OPTIMIZAR LA UTILIZACIÓN DE ESTA HERRAMIENTA CONSIDERANDO EL BIENESTAR ANIMAL”	11
RESULTADOS	12
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO N°1: “DESCRIBIR LOS TIPOS DE MARCAJES UTILIZADOS EN PECES DE ECOSISTEMAS MARINOS”	12

<i>Clasificación de los dispositivos de marcaje</i>	12
<i>Dispositivos de marcaje tradicionales utilizados en peces de ecosistemas marinos</i> ...	13
<i>Implante de elastómero visible (VIE)</i>	17
<i>Marcaje de alambre codificado (CWT)</i>	20
<i>Marcajes tradicionales de anclaje externo</i>	23
<i>Dispositivos de marcaje electrónicos utilizados en peces de ecosistemas marinos</i>	28
<i>Marcaje de Transpondedor Integrado Pasivo (PIT)</i>	35
<i>Transmisor de radio</i>	37
<i>Transmisor acústico</i>	38
<i>Marcaje de archivo (DTS)</i>	42
<i>Marcajes satelitales</i>	44
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2: “RECOPILAR CARACTERÍSTICAS CLAVES ACERCA DEL USO MARCAJES EN PECES DE AMBIENTES MARINOS MEDIANTE UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ESTUDIOS PUBLICADOS EN LOS AÑOS 2018-2020”.	47
<i>Resultados estrategia de búsqueda</i>	47
<i>Clasificación del dispositivo de marcaje utilizado</i>	48
<i>Tipos de marcajes utilizados</i>	49
<i>Número de marcajes aplicados por individuos y combinación de marcajes</i>	51
<i>Posición del marcaje respecto al individuo marcado</i>	53
<i>Implementación de fármacos en el protocolo de marcaje</i>	55
<i>Especies y familias marcadas</i>	58
<i>Ambientes marinos habitados por las especies marcadas</i>	59
<i>Ubicación geográfica de los estudios de mercado</i>	60
<i>Objetivos de los estudios de mercado</i>	63
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO N°3: “PROPONER UN PROTOCOLO DE MARCAJE MIXTO PARA UN PEZ COMÚN QUE HABITA LOS ARRECIFES CHILENOS, PERMITIENDO OPTIMIZAR LA UTILIZACIÓN DE ESTA HERRAMIENTA CONSIDERANDO EL BIENESTAR ANIMAL”.	67
<i>Especie costera objetivo: La jerguilla (Aplodactylus punctatus)</i>	67
<i>Prácticas de manejo generales para el marcaje de peces marinos</i>	67
<i>Protocolo de marcaje para un pez de arrecife con transmisor acústico y marcaje tradicional de anclaje externo</i>	69

DISCUSIÓN	74
CONCLUSIÓN	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXO 1: LISTA DE PUBLICACIONES REVISADAS	89
ANEXO 2: PAUTAS DE SUPERVISIÓN	103
INDICADORES DE BIENESTAR ANIMAL DURANTE EL PROCEDIMIENTO DE MARCAJE.	103
INDICADORES DE BIENESTAR ANIMAL EN PECES RECUPERADOS.	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los dispositivos de marcaje utilizados en peces según la presencia o ausencia de batería o sistema eléctrico en el dispositivo de marcaje.

Tabla 2. Generalidades de las ventajas y desventajas de los dispositivos de marcaje tradicional utilizados en peces de ambientes marinos.

Tabla 3. Generalidades de las ventajas y desventajas de los dispositivos de marcaje electrónicos utilizados en peces de ambientes marinos.

Tabla 4. Diagrama de flujo PRISMA utilizado para guiar la búsqueda propuesta de literatura relacionada con el marcaje de peces de ambientes marinos.

Tabla 5. Porcentaje de utilización de fármacos por tipo de marcaje aplicado.

Tabla 6. Estados anestésicos en peces mediante baño de inmersión anestésica (modificado de McCord *et al.*, 2020).

Tabla 7. Recuperación anestésica en peces.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de los distintos colores y ubicaciones anatómicas utilizadas para la aplicación de elastómeros: puente de la nariz, tejido adiposo del ojo, rayos de la aleta dorsal, línea lateral, base de la aleta anal y rayos de la aleta caudal. Elaboración: Javier Barrientos Loren.

Figura 2. Marcaje de alambre codificado en cartílago de la nariz de un salmónido. Elaboración: Javier Barrientos Loren.

Figura 3. a) Marcaje de dardo o dart tag, b) Marcaje con anclaje abdominal, c) Marcaje de ancla o t-bar, d) Marcaje con anclaje abdominal insertado ventralmente y e) Marcaje dart tag o t-bar insertado en musculatura dorsal. Elaboración: Javier Barrientos Loren.

Figura 4. Marcaje PIT (derecha) representado en conjunto con un lector de marcajes PIT (izquierda). Elaboración: Manuela Fernanda González González.

Figura 5. Transmisor de radio acoplado de forma externa en la musculatura dorsal de un pez de ambientes dulceacuícolas. En caso de aplicarse de forma interna, la antena debería exteriorizarse. Elaboración: Manuela Fernanda González González.

Figura 6. a) Transmisor acústico adecuado para inserción intraperitoneal, b) Transmisor acústico adaptado para su anclaje externo con un cable, c) Transmisor acústico adaptado con un dardo Domeier para el anclaje externo y d) Transmisor acústico adaptado con una barra de acero inoxidable para el anclaje externo. Elaboración: Manuela Fernanda González González.

Figura 7. Marcaje de almacenamiento adaptado para anclaje externo externo. Elaboración: Manuela Fernanda González González.

Figura 8. a) Marcaje emergente de archivo satelital anclado externamente en la base de la aleta dorsal de un ejemplar de elasmobranquio oceánico que no suele acercarse a la superficie y b) Marcaje de transmisión de temperatura y posición inteligente anclado de forma externa y fija en la aleta de un ejemplar elasmobranquio que suele nadar cercano a la superficie. Nótese la presencia de antenas en ambos dispositivos de marcaje. Elaboración: Manuela Fernanda González González.

Figura 9. Número total de publicaciones que aplicaron dispositivos de marcaje en peces de ambientes marinos en contraste con el número de procedimientos de marcaje realizados en dichas publicaciones.

Figura 10. Publicaciones por año clasificadas según técnica de marcaje realizada expresado en porcentaje. Marcaje tradicional (2018 n = 31, 2019 n = 41, 2020 n = 24), marcaje electrónico (2018 n = 30, 2019 n = 44, 2020 n = 38) y marcaje mixto (2018 n = 23, 2019 n = 20, 2020 n = 20) en el total de publicaciones por año.

Figura 11. Proporción del uso de diferentes marcajes aplicados en peces de ambientes marinos, en base al total de marcajes aplicados por año (2018 n = 187, 2019 n = 247, 2020 n = 177) (marcaje CWT n = 3, transmisor acústico n = 200, marcajes satelitales n = 36, marcajes tradicionales de anclaje externo n = 206, marcaje DST n = 19, marcaje PIT n = 64, implante de elastómero n = 74, otros marcajes tradicionales n = 9).

Figura 12. Utilización de los diferentes modelos de marcajes tradicionales de anclaje externo empleados en peces de ambientes marinos en publicaciones del año 2018, 2019 y 2020 (n = 206).

Figura 13. Cantidad de dispositivos de marcaje (único, doble o triple) aplicados por individuo, en el total de procedimientos de marcaje en peces de ambientes marinos en publicaciones del año 2018, 2019 y 2020 (n = 495).

Figura 14. Posición del transmisor acústico respecto al pez en el total de procedimientos de marcaje con transmisor acústico publicados durante el año 2018, 2019 y 2020 (n = 200).

Figura 15. Posición del marcaje DST respecto al pez en el total de procedimientos de marcaje con DST publicados durante el año 2018, 2019 y 2020 (n = 19).

Figura 16. Utilización de apoyo farmacológico en procedimientos de marcaje de peces de ambientes marinos publicados en el año 2018, 2019 y 2020 en base al total de procedimientos de marcaje realizados por año (2018 n = 149, 2019 n = 206, 2020 n = 140).

Figura 17. Frecuencia de utilización de cada fármaco anestésico empleado en procedimientos de marcaje en peces de ecosistemas marinos publicados entre los años 2018-2020 (n = 101).

Figura 18. Número de procedimientos de marcaje realizados en publicaciones de los años 2018-2020 según la familia taxonómica a la que pertenece la especie en estudio (n = 495). No se graficó la totalidad de las familias marcadas.

Figura 19. Procedimientos de marcaje realizados en publicaciones de los años 2018-2020 según el ambiente que habitan las especies marcadas, expresado en porcentaje (n = 495).

Figura 20. Procedimientos de marcaje realizados en publicaciones de los años 2018-2020 por continente, en base al sitio de estudio donde se realizó el marcaje de los individuos, expresado en porcentaje (n = 495).

Figura 21. Aplicación de marcajes en situación de campo o laboratorio por tipo de marcaje utilizado en publicaciones de los años 2018—2020, en base al total de marcajes aplicados por tipo de marcaje (marcaje CWT n = 3, transmisor acústico n = 200, marcajes satelitales n = 36, marcajes tradicionales de anclaje externo n = 206, marcaje DST n = 19, marcaje PIT n = 64, implante de elastómero n = 74, otros marcajes tradicionales n = 9).

Figura 22. Número de publicaciones según los objetivos de estudio de cada publicación de marcaje en peces de ambientes marinos realizada en los años 2018-2020, expresado en porcentaje (n = 495).

Figura 23. Utilización de cada tipo de marcaje para las distintas categorías de objetivos de estudio generadas de publicaciones de marcaje en peces de ambientes marinos realizadas en los años 2018-2020.

Figura 24. Esquema del posicionamiento, apoyo ventilatorio y zona de la incisión en un procedimiento de marcaje intraperitoneal con un individuo de *Aplodactylus punctatus* muerto correspondiente a una muestra de laboratorio en desuso.

LISTA DE ACRÓNIMOS

ALS: *Automatic Listening Stations*

AMP: Área Marina Protegida

ARGOS: *Advanced Research and Global Observation Satellite*

CWT: *Coded Wire Tag*

DST: *Data Storage Tag*

LT: largo total

ORI: Instituto de Investigaciones Oceanográficas (Sudáfrica)

PIT: *Passive Integrated Transponder*

PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*

PSAT: *Pop-up Satellite Archival Tag*

RFID: *Radio Frequency Information Device*

SIG: Sistemas de Información Geográfica

SPOT: *Smart Position and Temperature transmitting tags*

VIE: *Visible Implant Elastomer*

RESUMEN

Existe una gran variedad de dispositivos de marcaje utilizados en peces de ambientes marinos para la identificación individual de estos y la obtención de datos relacionados con el movimiento y comportamiento de los individuos. Con el objetivo de asegurar la supervivencia y la mantención del estado de bienestar animal de los peces marcados, se debe poner especial énfasis en las metodologías y procedimientos de marcado desde un punto de vista de la salud individual. Este documento ofrece una descripción general de los dispositivos de marcaje utilizados, recopila características claves del uso de los marcajes en publicaciones realizadas el año 2018, 2019 y 2020 y, propone un protocolo de marcaje con transmisor acústico y marcaje tradicional de anclaje en ejemplares de jerguilla (*Aplodactylus punctatus*). Se analizaron 495 procedimientos de marcaje diferentes contenidos en 271 artículos, en los cuales predominó el uso de marcajes tradicionales de anclaje externo como el *t-bar* y *dart tag* (33,7%), el transmisor acústico (32,7%) y el implante de elastómero visible (12%). Se evidenció que el 22% de los procedimientos de marcaje utilizaron más de un marcaje por individuo y además, solo el 24% de los procedimientos utilizó algún tipo de apoyo farmacológico (anestesia o antibiótico). Se marcaron predominantemente individuos de la familia Carcharhinidae (15%), Serranidae (12%) y Lutjanidae (6%), con un sesgo regional en el continente de América del Norte (60%) y en ambientes sobre la plataforma continental (72%), siendo la obtención de conocimientos acerca del desplazamiento y el comportamiento de las especies los principales objetivos de los estudios de marcaje revisados. Solo el 18% de los procedimientos de marcado revisados se realizó en laboratorio y se evidenció que un grupo considerable de estudios (40%) fueron realizados en áreas marinas protegidas bajo alguna figura de protección o manejo. Se propone además un protocolo de marcaje de peces de roca como, por ejemplo, la jerguilla (*Aplodactylus punctatus*) con transmisor acústico y marcaje *t-bar* que contempla prácticas de manejo, técnica estéril, técnica anestésica, procedimiento de marcado y pautas de supervisión.

Palabras claves: marcaje de peces, bienestar animal, protocolo de marcaje, movimiento, comportamiento, áreas marinas protegidas.

ABSTRACT

*There is a wide variety of tagging devices used in fish in marine environments for individual identification and data collection related to the movement and behavior of individuals. To ensure the survival and maintenance of the animal welfare status of tagged fish, special emphasis should be placed on tagging methodologies and procedures from an individual health point of view. This study offers an overview of the main tagging devices used, compiles key characteristics of the used of tags in studies published in 2018, 2019 and 2020 and proposes a tagging protocol with an acoustic transmitter and t-bar tag for individuals of jerguilla species (*Aplodactylus punctatus*). Four hundred and ninety-five different tagging procedures contained in 271 articles were analyzed, in which predominated the use of traditional external tags such as t-bar and dart tag (33.7%), acoustic transmitter tag (32.7%) and the visible elastomer implant tag (12%). It was evidenced that 22% of the tagging procedures used more than one tag per individual and furthermore, only 24% of the procedures used some type of pharmacological support (anesthesia or antibiotic). Individuals of the family Carcharhinidae (15%), Serranidae (12%) and Lutjanidae (6%) were predominantly tagged, with a regional concentration in the North America continent (60%) and in environments on the continental shelf (72%), mainly for data collection about the movement and behavior of the species. Only 18% of the revised tagging procedures were carried out in laboratory conditions and it was evidenced that a considerable group of studies (40%) were carried out in marine protected areas under some figure of protection or management. A protocol for tagging rockfish is also proposed, to a common reef fish such morwong or jerguilla (*Aplodactylus punctatus*) with acoustic transmitter and t-bar tag as multiple tagging procedures. Therefore in the final chapter of this study the handling practices, sterile technique, anesthetic technique, tagging procedure and supervision guidelines are included to ensure animal welfare related to movement and animal dispersal studies.*

Key words: *fish tagging, animal welfare, tagging protocol, movement, behavior, marine protected areas.*

INTRODUCCIÓN

El estudio de la movilidad, como característica fundamental de los seres vivos, entrega una comprensión profunda de las causas, patrones, mecanismos y consecuencias del movimiento de las especies (Nathan *et al.*, 2008). El desarrollo de diversas técnicas de marcaje, tanto de animales silvestres como domésticos, ha permitido la identificación de individuos y la generación de conocimientos sobre la ecología y la conducta animal en el medio terrestre u acuático (Block, 2011), características claves al momento de desarrollar estrategias de preservación de la biodiversidad, manejo de los recursos, restauración de poblaciones y hábitats degradados, y para controlar la propagación de especies exóticas invasoras o enfermedades infecciosas (Nathan *et al.*, 2008).

Existe una gran variedad de dispositivos de marcaje utilizados en especies marinas. Algunos de estos dispositivos corresponden a marcas subcutáneas, como el implante de elastómero visible (VIE) y el marcaje de alambre codificado (CWT) (Beukers *et al.*, 1995), o bien, marcas externas, como el tipo *dart tag* y el tipo *t-bar* (McFarlane *et al.*, 1990). Más recientemente, el uso de dispositivos electrónicos, tales como, transmisores acústicos, marcajes de archivo, marcajes satelitales o el marcaje de transpondedor integrado (PIT), entre otros, se han empleado siendo los medios más efectivos para estudiar el comportamiento y la ecología de los animales en su entorno natural (Thorstad *et al.*, 2013).

Los marcajes pueden emplearse de diversas formas y tienen diferente rendimiento según la especie a marcar, el tamaño de la especie y del marcaje, el procedimiento de marcado, entre otros factores (McFarlane *et al.*, 1990; Thorstad *et al.*, 2013; Sandford *et al.*, 2019). El dispositivo de marcaje ideal es aquel que tenga una retención en el pez suficiente para el logro de los objetivos de marcado y no genere ningún efecto sobre el crecimiento, la supervivencia, el comportamiento y vulnerabilidad de los peces a la depredación o artes de pesca, además de ser económicamente accesible y posible de aplicar en condiciones de campo, entre otras características (Lucas & Baras, 2000; Rudershausen *et al.*, 2013; Cooke *et al.*, 2013; Abdul-Razak & Kombat, 2018). Perfeccionar las técnicas de marcado resulta difícil dado que existe una falta de información

básica ofrecida por los estudios acerca del procedimiento de marcado (Thiem *et al.*, 2010) y escasas revisiones actuales asociadas al uso de los marcajes específicamente en peces de ambientes marinos (Cooke *et al.*, 2011b).

El presente documento presenta información acerca del uso de las técnicas de marcaje utilizadas en la actualidad como una herramienta para la conservación en peces de ecosistemas marinos. Está constituido por una descripción general de los tipos de marcajes aplicados en peces de ambientes marinos y una revisión sistemática de las características claves acerca del uso de estos marcajes en los últimos tres años (2018, 2019 y 2020). Además, incorpora los resultados obtenidos con conocimientos y técnicas de la disciplina veterinaria proponiendo un protocolo de marcaje que permita optimizar el uso del transmisor acústico y el marcaje *t-bar* en *Aplodactylus punctatus*, una especie de pez herbívoro endémico que habita a poca profundidad los bosques de macroalgas pardas presentes en las costas de Chile.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Historia del marcaje de peces de ecosistemas marinos

Una de las primeras referencias de marcaje en peces se remonta aproximadamente al siglo XVII, en el cual, mediante la utilización de cintas atadas a la cola de individuos de salmón del atlántico (*Salmo salar*), se documentó el regreso de los individuos desde el mar a su río natal (Tricas & Gruber, 2001). Ya entre los años 1800 a 1900 existía una gran variedad de marcas tradicionales externas utilizadas principalmente en salmónidos y luego en especies demersales, como el bacalao y el abadejo (Tricas & Gruber, 2001). Entre las marcas utilizadas hasta ese entonces se destaca, el uso de anillos metálicos aplicados en opérculo o mandíbula, la etiqueta Atkins y el disco Petersen, esta última, consta de dos discos uno a cada lado del pez, conectados por un alambre que atraviesa la musculatura dorsal (McFarlane *et al.*, 1990).

En los años 1950 se desarrollaron dispositivos de marcaje hechos de tubos de vinilo de distintos colores y tamaños. Éstos permitieron, con mayor éxito que los descritos anteriormente, el marcaje de especies pelágicas oceánicas como el atún y la albacora (McFarlane *et al.*, 1990). Entre estos dispositivos se encuentran: *spaghetti tag*, *dart tag*, *t-bar*, entre otros, los cuales han sido modificados a largo de los años, desde el uso de acero inoxidable a nylon, principalmente para mejorar la retención del dispositivo de marcaje en el individuo, reducir los efectos secundarios producidos y satisfacer las necesidades de investigación (Jacobsen & Hansen, 2004; Cooke *et al.*, 2013).

Adicionalmente, una forma directa de evaluar el movimiento de las especies, fue la inclusión de la telemetría de vida silvestre, la cual comienza a desarrollarse en la década del 1950 (Hidalgo-Mihart & Olivera-Gómez, 2011). La biotelemetría corresponde a la tecnología que permite realizar mediciones biológicas desde un transmisor localizado en un animal a un receptor a distancia y se lleva a cabo mediante el uso de dispositivos electrónicos (Thorstad *et al.*, 2013). A finales de la década del 1980, la biotelemetría era aplicable a una mayor número de especies marinas debido a la miniaturización de la tecnología de marcado, el incremento de la potencia y duración de las fuentes de poder y la disminución de los costos de producción (Cooke *et al.*, 2013; Thorstad *et al.*, 2013).

En la actualidad, el marcaje de peces de ecosistemas marinos constituye una herramienta esencial y práctica utilizada ampliamente para obtener información cualitativa y cuantitativa acerca de las poblaciones (Dunlop *et al.*, 2013). Ha ofrecido la oportunidad de contestar preguntas conductuales, fisiológicas y ecológicas en una escala espacial y temporal de los animales en su medio silvestre (Hidalgo-Mihart & Olivera-Gómez, 2011; Pittman *et al.*, 2014). Las técnicas de marcaje han permitido monitorear el crecimiento y la supervivencia de los peces (Sandford *et al.*, 2019), conocer información acerca de los desplazamientos realizados y rutas migratorias, las preferencias de hábitat, el movimiento horizontal y vertical en la columna de agua (Block, 2011), además de información detallada del rango de hogar y la fidelidad al sitio (Nash *et al.*, 2015), reconocer y proteger áreas de cría y desove, entre muchas otras aplicaciones (Jacobsen & Hansen, 2004; Pine, 2003). Además, actualmente los patrones de movimiento se han podido asociar a cambios en la profundidad del océano, temperatura corporal y otros parámetros fisiológicos, mediante la utilización de sensores en los dispositivos de marcaje lo que favorece la interpretación de las causas del movimiento (Hidalgo-Mihart & Olivera-Gómez, 2011; Cooke *et al.*, 2013).

Estas herramientas han permitido evaluar la eficacia de medidas de conservación como las Áreas Marinas Protegidas (AMP), los arrecifes artificiales (Logan & Lowe, 2018), la sobrevivencia de individuos producto de la devolución por descarte en pesquerías (Jackson *et al.*, 2018; Mc Garigal, 2018) entre otras medidas. Por ejemplo, un estudio publicado por Pittman y colegas en el año 2014 demostró, mediante la utilización de transmisores acústicos, que los peces de arrecife son capaces de viajar distancias mucho mayores y en menor tiempo a lo conocido anteriormente. Dentro de los resultados obtenidos se destaca que el 75% de los peces de arrecife realizó movimientos superiores a 1 km y el 33% superiores a 5 km. Adicionalmente, algunos individuos navegaron 15 km en solo un día. Asimismo, tres cuartas partes de los peces en estudio eran capaces de viajar distancias más allá de la protección ofrecida por al menos el 40 – 64% de las AMP existentes en el Caribe oriental (Pittman *et al.*, 2014).

Generalidades del marcaje en peces de arrecife

Los estudios que utilizan métodos de marcaje pueden estar basados principalmente en la identificación visual de los individuos marcados, en la captura-recaptura, en el marcaje y retorno de marcas o en reubicaciones telemétricas (Pine, 2003; Nash *et al.*, 2014). Para modelos de captura-recaptura, se realizan muestreos en puntos específicos en el tiempo con objetivo de recapturar peces vivos marcados, a diferencia de modelos de marcaje y retorno de marcas, en los cuales la devolución de los peces capturados proviene de pesquerías durante un periodo de tiempo establecido o prolongado (Pine, 2003). Por otra parte, las reubicaciones telemétricas, utilizan señales captadas por receptores o satélites para indicar la posición y comportamiento del individuo en el tiempo, sin necesidad de una captura (Thorstad *et al.*, 2013).

Los estudios de identificación visual y de marcado-recaptura con métodos tradicionales fueron los pilares de la investigación de peces de arrecife siendo efectivos y fundamentales para rastrear peces juveniles debido a su pequeño tamaño y menor costo, hasta la década del 2000, en la cual se incorporó el uso de métodos telemétricos, principalmente la telemetría acústica dado su buen rendimiento en agua de mar y avances tecnológicos en el tamaño de los dispositivos y en las estaciones de escucha fijas (ALS) (Hazen *et al.*, 2012; Nash *et al.*, 2014; Cooke *et al.*, 2013). Sin embargo, este cambio no ha sido aplicado de forma uniforme a todos los tamaños corporales de peces de arrecife, siendo aún limitadas las opciones de marcaje para peces de pequeño tamaño o recién asentados en el arrecife (Nash *et al.*, 2014; Block, 2011; Beukers *et al.*, 1995), los cuales son más susceptibles, en comparación con individuos de mayor tamaño, a sufrir alteraciones en el comportamiento de natación debido al tamaño del marcaje y mayor trauma físico y estrés asociado al marcado y manejo (Sandford *et al.*, 2019).

Bienestar animal en peces de arrecife

Los peces de arrecife o peces costeros corresponden a individuos cuyas historias de vida están vinculadas a un sustrato rocoso, en el cual desarrollan actividades de alimentación, refugio, reproducción entre otras (Thomson *et al.*, 2010). La mayoría de los peces de arrecife tienen ciclos de vida complejos, constituidos por adultos relativamente sedentarios que producen larvas pelágicas las cuales forman parte del zooplancton durante semanas o meses, para luego asentarse en el arrecife junto con la población juvenil de peces (Hoey & McCormick, 2004).

El marcaje de peces de arrecife, constituye un desafío mayor debido a las condiciones ambientales en las cuales se realiza la captura y los procedimientos de marcado, la sensibilidad a la manipulación de algunas especies (Musselman *et al.*, 2019) y el pequeño tamaño de algunos estadios del ciclo de vida de los peces (Block, 2011; Beukers *et al.*, 1995).

Si bien el tamaño corporal de los peces de arrecife y el nivel trófico al que pertenecen se considera un buen predictor de algunos parámetros conductuales, como el rango de hogar (Nash *et al.*, 2014), se observa que la información biológica básica sobre la mayoría de estas especies de peces está aún ausente o no publicada (Pérez-Matus *et al.*, 2017). Adicionalmente, se describe que existe poca información detallada respecto de los procedimientos de marcaje realizados en peces de ambientes marinos en contraste con el estudio de especies de peces de agua dulce (Cooke *et al.*, 2011b) y además, se han descrito discrepancias en cuanto a los efectos negativos generados por los marcajes (Beukers *et al.*, 1995; Hoey & McCormick, 2006).

Se describe que existe una importante variación del rendimiento de cada dispositivo de marcaje y los efectos secundarios ocasionados dependiendo de la especie en estudio, su tamaño y ciclo de vida en el que se encuentra (McFarlane *et al.*, 1990; Malone *et al.*, 1999; Thorstad *et al.*, 2013; Sandford *et al.*, 2019). Tanto el dispositivo de marcaje como la manipulación, el procedimiento de marcaje y la liberación del pez deben tener el mínimo efecto sobre el individuo marcado (Rudershausen *et al.*, 2013; Cooke *et al.*, 2013). Se deben considerar en el proyecto de investigación los efectos del marcaje sobre la tasa de supervivencia, la tasa de crecimiento, la alteración del comportamiento, el aumento del riesgo de depredación, las posibles lesiones físicas generadas, entre otros factores (Cooke *et al.*, 2013; Thorstad *et al.*, 2013).

Adicionalmente, se requieren revisiones actuales que estudien la aplicación de las técnicas de marcaje en peces de ambientes marinos (Cooke *et al.*, 2011b) y se necesitan realizar esfuerzos para refinar y validar los procedimientos de marcado específicos para cada especie, marcaje a utilizar y rango de tamaño de los individuos a estudiar. Esto permitiría respaldar que los datos sean representativos de los con-específicos no marcados y que exista una mantención del estado

de bienestar animal de los individuos manipulados (Hoey & McCormick *et al.*, 2004; Thorstad *et al.*, 2013; FitzGerald *et al.*, 2004).

Este estudio responde a la falta de revisiones actuales que aborden los diferentes tipos de marcajes aplicados en peces de ambientes marinos con un enfoque en el bienestar animal, incorporando conocimientos y técnicas de la disciplina veterinaria.

OBJETIVOS

Objetivo general

Presentar información acerca del uso de las técnicas de marcaje utilizadas en la actualidad como una herramienta para la conservación en peces de ecosistemas marinos.

Objetivos específicos

1. Describir los tipos de marcajes utilizados en peces de ecosistemas marinos.
2. Recopilar características claves acerca del uso marcajes en peces de ambientes marinos mediante una revisión sistemática de estudios publicados en los años 2018-2020.
3. Proponer un protocolo de marcaje mixto para un pez común que habita los arrecifes chilenos, permitiendo optimizar la utilización de esta herramienta considerando el bienestar animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales y métodos objetivo específico N°1: “Describir los tipos de marcajes utilizados en peces de ecosistemas marinos”.

Se realizó una búsqueda de publicaciones referentes al marcaje en peces en los buscadores de Google Académico, Web Of Science y Animal Biotelemetry. La estrategia de búsqueda utilizó las siguientes palabras claves contenidas en el título de las publicaciones: *fish tagging* OR *tag* OR *tags*, *reef fish tagging* OR *tag* OR *tags* y *review fish tagging*. Se consideraron con especial énfasis, las publicaciones con menos de 20 años de antigüedad y que estudiaran peces de ecosistemas marinos. También se incluyeron publicaciones de autores ampliamente citados en el tema. Además, se complementó la información obtenida con consultas en sitios web de empresas fabricantes de marcajes para fauna silvestre, tales como: Innovasea Systems Inc., Northwest Marine Technology Inc., Oceans Research ©, entre otros. Con objetivo de obtener una descripción actualizada de los dispositivos de marcaje en el mercado (funcionalidad y tamaños), las ventajas y desventajas de estos, su aplicación en peces y su utilización en la conservación en ambientes marinos.

Materiales y métodos objetivo específico N°2: “Recopilar características claves acerca del uso marcajes en peces de ambientes marinos mediante una revisión sistemática de estudios publicados en los años 2018-2020”.

Se realizó una revisión sistemática de literatura utilizando los elementos y directrices de la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) (Moraga & Cartes-Velásquez, 2015). Durante los meses de abril, mayo y junio del año 2021 se utilizó como única base de datos Google Académico y se realizó una búsqueda avanzada con las palabras claves “*reef fish*” *tagging* OR *tag* OR *tags* en todo el artículo, de forma separada para el año 2018, 2019 y 2020.

Se consideró como dispositivo de marcaje cualquier artefacto físico acoplado al pez para su identificación u obtención de datos. Además, se consideraron como peces de ecosistemas marinos cualquier especie perteneciente al Subfilo Vetebrata, Clase Actinopterygii, Sarcopterygi,

Chondrichthyes y Cyclostomi, que habite, no de forma exclusiva, ambientes de agua salobre o marina.

Se incluyeron en la revisión sistemática únicamente publicaciones con comité editorial que 1) utilizaron uno o más dispositivos de marcaje dentro de la metodología del estudio, 2) estudios realizados en peces de ambientes marinos, 3) estudios que identifiquen específicamente el dispositivo de marcaje, 4) estudios publicados en el año 2018, 2019 o 2020, 5) publicaciones científicas de acceso abierto en internet y 6) estudios finalizados.

Se excluyeron de la revisión sistemática estudios realizados en peces de agua dulce, estudios en los cuales no se especificó el marcaje utilizado, la especie o familia de pez marcado, y estudios que utilizaron técnicas de marcaje como la mutilación de estructuras anatómicas o marcaje con oxitetraciclina, por ejemplo. También se excluyeron, manuscritos, revisiones de técnicas de marcaje, publicaciones que incluyeron datos provenientes de estudios de marcaje pero que no realizaron procedimientos de marcaje dentro de la metodología del estudio.

Los estudios seleccionados fueron revisados con especial énfasis en la metodología y los resultados del estudio. Se generó una base de datos con las características claves del uso de los marcajes. Estas características corresponden a la clasificación y tipo de marcaje utilizado (según Tabla 1), la cantidad de marcajes aplicados por individuo y la combinación de estos, la posición del marcaje respecto al pez y el uso fármacos durante el procedimiento. Se registró también la especie y la familia taxonómica del pez marcado, información que se complementó con la búsqueda en Fish Base del ambiente que habita cada especie, el cual se categorizó a grandes rasgos en peces costeros, los cuales viven cercanos a la costa y se ubican sobre la plataforma continental la mayor parte de sus vidas, peces oceánicos, los cuales habitan sobre la plataforma oceánica, lejos de la costa, son generalmente pelágicos y migratorios, y peces continentales los cuales además de ser costeros u oceánicos, pueden habitar aguas continentales como ríos, lagos, entre otros.

Adicionalmente se registró el país donde se realizó el estudio, la ubicación del estudio (es decir, laboratorio o campo) y si se llevo a cabo en una zona protegida bajo en alguna figura de

protección de los ecosistemas marinos o estuarios (Parques Nacionales, Reserva de la Biosfera, Área Marina Protegida, entre otros). Finalmente, se registró cuáles fueron los objetivos de realizar un estudio que involucrase técnicas de marcaje, considerando siete categorías. Las categorías se generaron una vez registrado el objetivo de cada estudio y corresponden a 1) estudios relacionados con el desplazamiento y el movimiento de las especies, 2) estudios que evaluaron el comportamiento o la actividad de los individuos, 3) estudios que utilizaron el dispositivo de marcaje para la identificación individual de peces y la obtención de datos experimentales, 4) estudios orientados a la obtención de características demográficas, 5) estudios relacionados con el rango de hogar de las especies, 6) estudios relacionados con la fidelidad al sitio y finalmente, 7) estudios orientados a la obtención de datos relacionados con la reproducción de los individuos.

Materiales y métodos objetivo específico N°3: “Proponer un protocolo de marcaje mixto para un pez común que habita los arrecifes chilenos, permitiendo optimizar la utilización de esta herramienta considerando el bienestar animal”.

Se realizó una búsqueda de literatura específica referente al bienestar animal en peces sometidos a procedimientos de marcaje en la base de datos de Google Académico y Animal Biotelemetry. La estrategia de búsqueda se basó en los siguientes términos *reef fish tagging effects*, *fish tagging effects*, *fish tagging welfare* y *fish welfare*.

La búsqueda se complementó con la literatura encontrada para el objetivo específico N° 1 referente al tema. Además, en el desarrollo del objetivo específico N° 2 se registró, en caso de encontrarse, información referente al bienestar animal de los peces marcados o información que profundizara en el procedimiento de marcaje. De esta forma se obtuvo información práctica de los procedimientos de marcaje u otras consideraciones.

RESULTADOS

Resultados objetivo específico N°1: “Describir los tipos de marcajes utilizados en peces de ecosistemas marinos”.

Clasificación de los dispositivos de marcaje

Existe una gran variedad de dispositivos de marcaje para peces, teniendo cada método diferentes fortalezas y debilidades (Reeves & Buckmeier, 2009). A grandes rasgos, los marcajes utilizados en peces pueden clasificarse según la ausencia o presencia de batería en el marcaje (Hazen *et al.*, 2012) (Tabla 1). Los marcajes tradicionales (o también llamados marcajes convencionales o pasivos) son dispositivos desprovistos de batería, para los cuales es requerida la recaptura de los individuos marcados (Thorstad *et al.*, 2013) o bien el retorno de las marcas una vez cosechado el pez para la obtención de los datos (Pine *et al.*, 2003; Drenner *et al.*, 2012; Cooke *et al.*, 2013).

Generalmente los marcajes tradicionales no entregan información entre la captura y recaptura y no se obtiene información de los peces no recapturados (Thorstad *et al.*, 2013). Dentro de este grupo se encuentran los marcajes de aplicación subcutánea como el implante de elastómero visible (VIE) y el marcaje de alambre codificado (CWT) o de aplicación externa como los marcajes tradicionales de anclaje externo los cuales corresponden a un grupo muy variado de dispositivos generalmente compuestos de plástico (vinilo) y/o acero inoxidable (McFarlane *et al.*, 1990). Además, se pueden encontrar otros marcajes tradicionales, los cuales corresponden a técnicas de marcaje experimentales y poco distribuidas que generalmente se llevan a cabo en condiciones de laboratorio y corresponden a mostacillas, lentejuelas plásticas, cuadrados plásticos con adhesivo, entre otros.

Por otra parte, los marcajes electrónicos (o también llamados marcajes activos) (Pérez *et al.*, 2014; Drenner *et al.*, 2012) son dispositivos provistos de batería o circuito eléctrico lo cual les permite emitir señales acústicas, de radio o almacenar información obtenida como la posición del individuo o parámetros ambientales y fisiológicos (Hazen *et al.*, 2012). De esta forma, generalmente, no se requiere la recuperación de las marcas para la obtención de datos (Thorstad *et al.*, 2013). Los dispositivos electrónicos utilizados en peces corresponden al marcaje de transpondedor pasivo integrado (PIT), los transmisores de radio y transmisores acústicos, el

marcaje de almacenamiento de datos (DST) y los marcajes satelitales (SPOT, PAT, otros) (Cooke *et al.*, 2013; Thorstad *et al.*, 2013).

Tabla 1. Clasificación de los dispositivos de marcaje utilizados en peces según la presencia o ausencia de batería o sistema eléctrico en el dispositivo de marcaje.

Clasificación del marcaje	Tipo de marcaje
Tradicional	Implante de elastómero visible (VIE)
	Marcaje de alambre codificado (CWT)
	Marcajes tradicionales de anclaje externo
	Otros marcajes tradicionales experimentales
Electrónico	Transmisor acústico
	Transmisor de radio
	Transpondedor pasivo integrado (PIT)
	Marcaje de almacenamiento (DST)
	Marcaje satelital

Dispositivos de marcaje tradicionales utilizados en peces de ecosistemas marinos

Los marcajes tradicionales utilizados en peces de ambientes marinos permiten la identificación individual de un pez o de grupos de peces (Bergman *et al.*, 1992; Brennan *et al.*, 2006). En comparación con los marcajes electrónicos, los marcajes tradicionales son de fácil y rápida aplicabilidad en el individuo y tienen un bajo costo económico asociado (Thorstad *et al.*, 2013).

Los marcajes tradicionales se consideran como una herramienta ampliamente utilizada en peces para obtener información cualitativa y cuantitativa sobre las poblaciones de peces y los aspectos de la gestión de recursos (McFarlane *et al.*, 1990; Kohler *et al.*, 2002). El marcaje tradicional entrega información instantánea al momento de la recaptura (Novak, 2018), que puede utilizarse para evaluar el movimiento y la dispersión de los peces de arrecife (Addis *et al.*, 2013; Kaunda-Arara & Rose, 2004), aspectos de la dinámica poblacional como las tasas de crecimiento, delimitación de poblaciones, estructura poblacional, la longevidad de las especies e importante información sobre sus patrones de movimiento (Dunlop *et al.*, 2013; Brennan *et al.*, 2006), así como la fidelidad a los sitios de desove por ejemplo (Adams *et al.*, 2009) o evidencia directa de

los movimientos de peces a través de fronteras nacionales o diferentes áreas marinas con diferente régimen de extracción de recursos (Kohler *et al.*, 2002).

Sin embargo, debido a la necesidad de la recaptura de los individuos marcados, generalmente los estudios que utilizan métodos tradicionales de marcaje a menudo deben basarse en un gran número de individuos para obtener la información requerida, siendo difícil y cuestionada su aplicabilidad en poblaciones que puedan estar agotadas y amenazadas (Thorstad *et al.*, 2013; Dunlop *et al.*, 2013).

La distribución de las recapturas de los peces marcados se ve influenciada por la distribución y la intensidad del esfuerzo de pesca (Thorstad *et al.*, 2013) o bien el despliegue de estrategias de publicidad y recompensa al público general para la recuperación de las marcas (Fonteneau & Hallier, 2014). Además, las tasas de recaptura son variables entre los diferentes estudios y se encuentran relacionadas al tipo de dispositivo usado y la especie de pez marcado, siendo por ejemplo, mucho más bajas en algunas especies migratorias en comparación con especies de peces de arrecife más residentes (Dunlop *et al.*, 2013; Akins *et al.*, 2014). También existe una tendencia general a la reducción de la tasa de recaptura al aumentar la profundidad de la captura del pez en estudio (Sumpton *et al.*, 2010), al aumentar la distancia desde el sitio de marcado o al aumentar el tiempo en libertad (Kaunda-Arara & Rose, 2004).

Las causas de reducción de la tasa de recaptura de los individuos marcados corresponden, entre otros, a la mortalidad natural de los peces marcados, la mortalidad inducida por el marcado, la pérdida/desprendimiento del marcaje, la emigración fuera de las principales áreas de marcado, la variación del esfuerzo de pesca, el nivel de experiencia del personal de marcado, el registro incorrecto de los datos de marcado o recaptura y el aumento del tiempo en libertad (Kohler *et al.*, 2002; Fonteneau & Hallier, 2014).

Los estudios de marcado y recaptura pueden complementarse mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) (Dunlop *et al.*, 2013), utilización combinada de marcas tradicionales y electrónicas (Hazen *et al.*, 2012) y la realización de estudios piloto y análisis de

simulación para evaluar la precisión de los parámetros estimados y así evaluar la viabilidad del estudio, entre otras recomendaciones (Pine, 2003).

A continuación, se describen generalidades de los tipos de marcaje tradicional utilizados en peces de ecosistemas marinos, profundizando de las ventajas y desventajas de cada uno, aplicación, tasas de retención y efectos secundarios reportados, entre otros detalles (Tabla 2.)

Tabla 2. Generalidades de las ventajas y desventajas de los dispositivos de marcaje tradicional utilizados en peces de ambientes marinos.

Dispositivo de marcaje	Ventajas	Desventajas	Referencias
Implante de elastómero visible (VIE)	Rápida y fácil aplicabilidad. Bajo costo. Ubicación subcutánea. Uso en peces pequeños (> 20 mm LT). Mayor utilidad en laboratorio.	El número de peces marcados para identificación individual es limitado. La tasa de retención se considera de corto plazo (< 6 meses) y es variable entre las especies. Su visibilidad es variable entre las distintas especies de peces y ambiente. Corta vida útil una vez preparado el producto final.	Reeves & Buckmeier, 2009; Hoey & McCormick, 2006; FitzGerald <i>et al.</i> , 2004; Frederick, 1997; Brennan <i>et al.</i> , 2006.
Marcaje de alambre codificado (CWT)	Rápida y fácil aplicabilidad. Bajo costo. Ubicación subcutánea. Alta tasa de retención. Pocos efectos negativos reportados. Uso en peces pequeños (> 22 mm LT).	No permite reconocimiento visual <i>in situ</i> . Se requiere la recaptura y sacrificio del pez para su identificación. Se requiere marcar un gran número de peces.	Crook & Withe, 1995; Bergman <i>et al.</i> , 1992; Brennan <i>et al.</i> , 2006; Wallin <i>et al.</i> , 1997; Sandford <i>et al.</i> , 2019.

Dispositivo de marcaje	Ventajas	Desventajas	Referencias
<p>Marcaje tradicional de anclaje externo</p>	<p>Rápida y fácil aplicabilidad. Bajo costo. Permite la identificación visual del pez <i>in situ</i>. Uso en peces pequeños (> 100 mm LT). Existe una gran variedad de formas y tamaños.</p>	<p>Puede aumentar la probabilidad de atrapamiento en redes u otros. Puede alterar la natación y forma hidrodinámica. Bajas tasas de notificación por parte del público pesquero general y pérdida de marcas no contabilizadas puede ser un problema. Efectos secundarios como irritación, infección, necrosis del tejido, expulsión, muerte.</p>	<p>Dunlop <i>et al.</i>, 2013; Gil <i>et al.</i>, 2017; Heupel & Bennett, 1997; Akins <i>et al.</i>, 2014; Wallin <i>et al.</i>, 1997; Booth & Weyl, 2008, Kohler <i>et al.</i>, 2002; McFarlane <i>et al.</i>, 1990; Gil <i>et al.</i>, 2017; Adams <i>et al.</i>, 2009.</p>

Implante de elastómero visible (VIE)

El implante de elastómero visible corresponde a un marcaje de elastómero biocompatible de diversos colores que es inyectado en forma líquida debajo de las escamas y la epidermis, para luego convertirse en un sólido flexible visible externamente (Reeves & Buckmeier, 2009; Hoey & McCormick, 2006). Es una alternativa relativamente económica que, dado su pequeño tamaño y su ubicación subcutánea, no ofrece las desventajas asociadas al uso de dispositivos externos en peces de arrecife (FitzGerald *et al.*, 2004; Frederick, 1997).

El marcaje VIE se puede utilizar para identificar lotes o peces individuales, mediante la utilización de diversos colores de elastómero, diversas ubicaciones anatómicas de la marca en el pez y número de marcas por pez (Reeves & Buckmeier, 2009; Hoey & McCormick, 2006) (Figura 1). El implante de elastómero visible ha sido utilizado para la identificación de peces en estudios de laboratorio o estudios de observación visual o de captura y recaptura en campo,

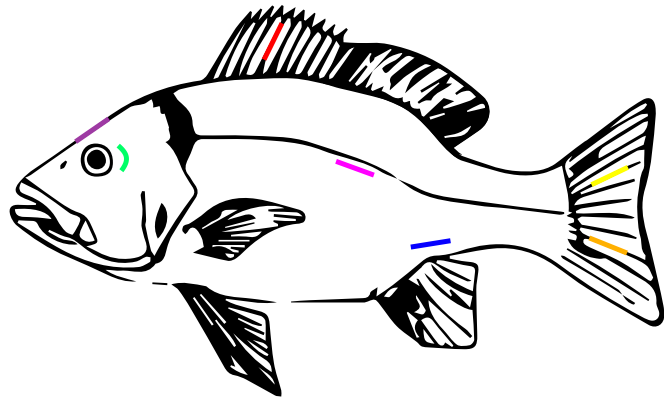


Figura 1. Representación de los distintos colores y ubicaciones anatómicas utilizadas para la aplicación de elastómeros: puente de la nariz, tejido adiposo del ojo, rayos de la aleta dorsal, línea lateral, base de la aleta anal y rayos de la aleta caudal. Elaboración: Javier Barrientos Loren.

relacionados con la observación de estructuras de grupos y sistemas de apareamiento (Fukuda & Sunobe, 2020), preferencias de hábitat (Nguyen *et al.*, 2019), estudios de evaluación de los efectos de la exposición al microplástico (Critchell & Hoogenboom, 2018) u otras actividades antropogénicas como los efectos del ruido de embarcaciones en la supervivencia y depredación de los peces (Ferrari *et al.*, 2018).

La utilización de este marcaje requiere la mezcla de dos productos químicos líquidos, un elastómero coloreado y un catalizador transparente o también llamado agente de curado (Reeves & Buckmeier, 2009; Hoey & McCormick, 2006). Una vez agregado el agente catalizador al

elastómero, el producto tiene una vida útil muy limitada, a excepción de ser almacenado bajo 0°C, lo que limita la viabilidad de esta técnica para marcar individuos en el campo (Hoey & McCormick, 2006). El producto generado se inyecta por vía subcutánea como un líquido (de aproximadamente 1,5 - 5 mm de longitud) en un tejido transparente o translúcido a través de una jeringa de mano con aguja hipodérmica (FitzGerald *et al.*, 2004; Hoey & McCormick, 2006; Brennan *et al.*, 2006).

El implante de elastómero visible está disponible en 10 colores diferentes entre los cuales 6 son fluorescentes (rojo, rosa, amarillo, verde, naranja y azul) y 4 no lo son (negro, morado, marrón y blanco) (extraído de Northwest Marine Technology, <https://www.nmt.us>). Los colores fluorescentes ofrecen mejor visibilidad a la luz ambiental y aún mejor cuando son detectadas mediante la utilización de una luz ultravioleta de onda larga (FitzGerald *et al.*, 2004). Además, son de gran utilidad cuando se aplican en zonas pigmentadas o cuando se desea realizar la recaptura en la oscuridad (extraído de Northwest Marine Technology, <https://www.nmt.us>)

La visibilidad del marcaje de elastómero varía significativamente entre especies, ubicación anatómica de la marca y duración del estudio (Reeves & Buckmeier, 2009). Además, se ve influenciada por una serie de factores como el color del elastómero, la profundidad de la inyección subcutánea, la pigmentación de la piel del pez, el engrosamiento del tejido sobre el marcaje, el número de marcas por pez, el tamaño y comportamiento del pez marcado, las condiciones ambientales de muestreo y la eficacia de marcado asociada a la experiencia del equipo de marcaje respecto a la técnica (FitzGerald *et al.*, 2004; Frederick, 1997; Brennan *et al.*, 2006). Por ejemplo, se estima que las tasas de visualización de marcaje VIE percibidas por los buceadores son mucho más bajas que las tasas de visualización obtenidas en laboratorio, siendo un 74% en comparación a un 98% respectivamente (Brennan *et al.*, 2006). Adicionalmente, se reporta que en peces móviles o en cardúmenes las marcas VIE son más visibles lateralmente (ubicadas adyacentes a aletas dorsal, caudal o anal), a diferencia de los peces menos móviles o sedentarios en los cuales las marcas VIE son más visibles dorsal y anteriormente (ubicadas en la nuca, hocico o regiones suborbitales) (Frederick, 1997).

Por otra parte, se debe tener en cuenta que pueden existir confusiones entre los colores del elastómero, asociadas a la profundidad de muestreo y luz utilizada (Brennan *et al.*, 2006). En un estudio que realizó muestreos a 17-20 metros de profundidad, los buceadores confundieron el verde con el amarillo el 70% de las veces y se reporta que pueden existir confusiones entre los colores rojo, rosa y naranja cuando se observan por separado, sin embargo, muestreos realizados a menor profundidad y en aguas con buena visibilidad pueden no experimentar confusiones (Brennan *et al.*, 2006; FitzGerald *et al.*, 2004).

La visibilidad de la marca se suele calcular por separado para cada ubicación anatómica de la marca en el pez (FitzGerald *et al.*, 2004; Reeves & Buckmeier, 2009). Un estudio publicado en el año 2006 por Brennan y colegas, evaluó los sitios óptimos de aplicación de elastómeros en el pargo rojo juvenil (*Lutjanus campechanus*) y determinó que la mejor visibilidad y retención se logró con el elastómero ubicado en los rayos de la aleta caudal, siendo visible por ambos lados del pez, con una visibilidad $\geq 95\%$ hasta 6 meses después del marcaje, momento en el cual se dificultó la visualización de la marca dada la fragmentación del elastómero con el tiempo (Brennan *et al.*, 2006). Por otra parte, un estudio realizado en salmón atlántico (*Salmo salar*) reportó que el marcaje VIE es una herramienta útil para la identificación de lotes de *smolts* durante un periodo no mayor a 18 meses, dada la disminución en la tasa de retención después de ese periodo. Antes de los 18 meses, se observaron tasas de retención sobre el 90% para VIE aplicados en el tejido adiposo del ojo y mandíbula (FitzGerald *et al.*, 2004).

Adicionalmente, tanto el tamaño de los individuos al momento del marcaje como el número de marcas implantadas por pez pueden influir significativamente en la retención de VIE (Brennan *et al.*, 2006; Hoey & McCormick, 2006). En el pargo rojo (*Lutjanus campechanus*) los grupos de peces de tamaño pequeño (46 - 65 mm LT) y mediano (55 - 83 mm LT) tuvieron tasas de pérdida del marcaje más altas en comparación con el grupo de mayor tamaño (75 - 111 mm LT). Adicionalmente, aproximadamente entre un 12 y un 19% más de peces tenían elastómeros visibles después de 6 meses cuando se implantaron 2 marcas en la aleta caudal en comparación con 1 marca (Brennan *et al.*, 2006).

Por otra parte, Hoey y McCormick realizaron un estudio de marcaje con VIE en *Pomacentrus arborescens* recién asentados en el arrecife (11,7 – 13,4 mm LT) y se reportó una supervivencia de un 80% para los peces con doble marca y un 96% para los peces con una sola marca o sin marcar. Si bien no se encontró una diferencia significativa, pareciera ser que existe un menor crecimiento y supervivencia de los peces con más de una marca VIE (Hoey & McCormick, 2006). Adicionalmente, dicho estudio reportó un 100% de visibilidad de las marcas a los 14 días del marcaje.

En un estudio realizado en diversas especies de peces de arrecifes hawaianos en el cual se aplicaron múltiples elastómeros por individuo, los peces < 20 mm LT experimentaron una mayor mortalidad que los peces > 20 mm LT a las 24 horas del marcaje (13% vs 0%), reportándose una relación inversa entre la longitud de los peces y la mortalidad por marcado utilizando el marcaje VIE (Frederick, 1997). Por esto, se sugiere que el uso de múltiples marcas VIE solo es factible para peces > 20 mm LT (Frederick, 1997).

En conclusión, se reporta que marcar peces de arrecife recién asentados con un solo implante de elastómero visible es un medio útil para el reconocimiento de cohortes o lotes a corto plazo (6 meses o menos) (Hoey & McCormick, 2006; Brennan *et al.*, 2006; Hoey & McCormick, 2004; Frederick, 1997). Sin embargo, su utilidad puede verse limitada debido al aumento de la mortalidad de peces pequeños (< 20 mm) y las diferentes tasas de visibilidad en el tiempo, convirtiéndose ilegibles a los días o meses desde su aplicación según la especie, tamaño o ubicación anatómica utilizada (Frederick, 1997; Reeves & Buckmeier, 2009; Brennan *et al.*, 2006). Por esta razón, se cuestiona la utilidad del marcaje de elastómero visible para la realización de estudios de largo plazo (> 6 meses) ya que la retención y visibilidad de la marca pueden volverse poco confiables (FitzGerald *et al.*, 2004).

Marcaje de alambre codificado (CWT)

El marcaje de alambre codificado o CWT por sus siglas en inglés (*coded wire tag*), corresponde a un pequeño implante de acero inoxidable magnetizado (1 mm x 0,25 mm) que contiene códigos en su superficie y se implanta generalmente en el cartílago nasal o tejido adiposo de la mejilla mediante un inyector manual o automático (Figura 2) (Bergman *et al.*, 1992; Sandford *et al.*,

2019; Crook & Withe, 1995). El marcaje no es visible a simple vista, por lo que la recuperación del marcaje se realiza detectando el campo magnético de la marca con un detector especializado y luego, mediante la disección de los peces muertos y la observación del CWT en un microscopio (Crook & Withe, 1995), permitiendo generalmente, la identificación de lotes de peces (Sandford *et al.*, 2019).

El CWT es una herramienta económica y rápida que permite su aplicación a una gran cantidad de peces, dado que el número de códigos es casi ilimitado y las marcas pueden identificarse y decodificarse fácilmente si se recuperan en cualquier parte del mundo (Nandor *et al.*, 2010). Este marcaje tiene generalmente una excelente tasa de retención a largo plazo, mínimo impacto en el crecimiento y comportamiento de los peces (Wallin *et al.*, 1997; Nandor *et al.*, 2010; Brennan *et al.*, 2006) y altas tasas de supervivencia de los peces marcados dependiendo del tamaño de estos (Jacobsen & Hansen, 2004). Se reporta el marcaje de salmónidos desde 22 mm LT (Nandor *et al.*, 2010), sin embargo, en el róbalo común (*Centropomus undecimalis*) se observó una mayor tasa de retención en peces marcados sobre los 70 mm LT (Wallin *et al.*, 1997).

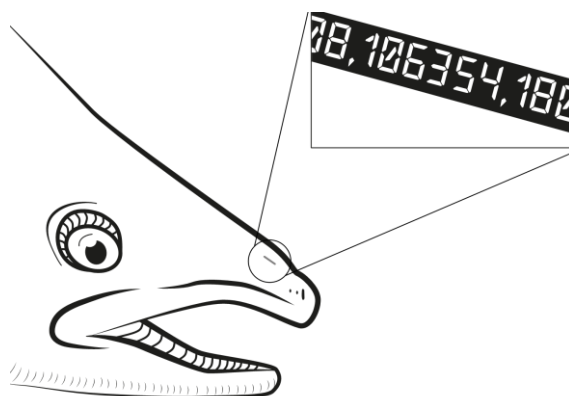


Figura 2. Marcaje de alambre codificado en cartílago de la nariz de un salmónido. Elaboración: Javier Barrientos Loren.

Los estudios o programas de marcado con tecnología de marcado con CWT automatizado o manual generalmente utilizan el marcaje como un método de evaluación de stock, gestión pesquera o investigación. En estos programas se marcan una gran cantidad de individuos, generalmente tienen una escala temporal extensa y se requiere coordinación con diferentes entes pesqueros, lo cual permite, mediante la cosecha y recuperación de las marcas en el tiempo, entregar información referente al tamaño y tasa de mortalidad de la población, así como también monitorear la distribución espacial y temporal de las poblaciones, la estructura, la migración y la explotación por parte de pesquerías de peces con especial interés comercial como el arenque del

Pacífico (*Clupea pallasii*) (Jacobsen & Hansen, 2004) y el róbalo común (*Centropomus undecimalis*) (Wallin *et al.*, 1997).

Este mecanismo de marcaje también es utilizado para monitorear grandes lotes de peces de criadero desde juveniles hasta adultos con fines de investigación y manejo (Bergman *et al.*, 1992; Sandford *et al.*, 2019), principalmente salmónidos, especies en las cuales se inició y desarrolló el marcaje con CWT en los años 1960. La técnica de marcado ha tenido importantes registros históricos, avances tecnológicos y automatización de los sistemas de marcado hasta el día de hoy, capaces por ejemplo, de marcar 60.000 salmones en 8 horas de funcionamiento de forma autónoma sin tocar al pez (sistema AutoFish) (Nandor *et al.*, 2010).

Las tasas de retención del CWT varían considerablemente entre las diferentes especies de peces, dadas las diferencias morfológicas, la zona anatómica en la cual se implanta el marcaje y la técnica del marcado, entre otros factores (Bergman *et al.*, 1992). Sin embargo, son generalmente muy buenas (94% a los 60 días del marcaje de róbalo común (*Centropomus undecimalis*) en el músculo de la mejilla (Wallin *et al.*, 1997), 99% de retención a los 6 meses del marcaje de pargo rojo (*Lutjanus campechanus*) en la nuca (Brennan *et al.*, 2006) y 99% de retención a los 238 días del marcaje de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la aleta adiposa (Oven & Blankenship, 1993). Adicionalmente, el tamaño de los peces en el momento del marcado afecta significativamente las tasas de retención de las marcas, teniendo menor retención de la marca en los peces más pequeños (Wallin *et al.*, 1997).

Las principales desventajas de este marcaje corresponde a que los peces deben ser recapturados para la obtención de los códigos internos y la mayoría de las veces, sacrificados, por lo que es de muy baja utilidad en la investigación sin fines letales (Bergman *et al.*, 1992). Sin embargo, algunos autores han reportado que es posible implantar el marcaje por vía subcutánea lo que permite en algunas especies, que sean visualmente detectables y puedan recuperarse sin sacrificar al pez marcado (Crook & Withe, 1995; Bergman *et al.*, 1992). Otra desventaja asociada a este marcaje, corresponde a que la marca no puede ser detectada visualmente *in situ* por pescadores comerciales, recreativos, u otros (Brennan *et al.*, 2006; Wallin *et al.*, 1997). Adicionalmente, dado el gran número de peces que deben ser marcados para el éxito de los programas de marcado

y recuperación de marcas, esta herramienta no puede ser aplicada en especies de rara abundancia (Sandford *et al.*, 2019).

Algunos estudios realizados en peces > 100 mm reportan que el CWT no tiene un influencia significativa sobre la supervivencia y la tasa de crecimiento de los peces y en general, no se reportan efectos adversos biológicos en el pez marcado ni reacciones tisulares significativas en la zona de marcado, en los peces que fueron implantados correctamente, incluso es considerado por algunos autores como un marcaje benigno (Bergman *et al.*, 1992; Crook & Withe, 1995; Wallin *et al.*, 1997). Sin embargo, se reportó en el año 1987 el daño de los nervios olfativos de salmón chum (*Oncorhynchus keta*) originado por marcajes incorrectamente implantados (Morrison & Zajac, 1987) y la mortalidad de individuos < 100 mm de largo total o especies de peces muy sensibles a la manipulación (Sandford *et al.*, 2019).

Marcajes tradicionales de anclaje externo

Este grupo de marcaje se conforma por una gran diversidad de dispositivos tradicionales formados por un componente como un ancla, dardo u otro mecanismo adaptado para atravesar la piel y músculos del pez y quedar insertado de forma fija; y un componente externo tubular o con forma de disco o de etiqueta que contiene una leyenda impresa que permite la identificación del individuo (McFarlane *et al.*, 1990; Dicken *et al.*, 2007; Booth & Weyl, 2008). Los marcajes tradicionales de anclaje externo son fácilmente visibles y efectivos para la identificación visual individual del pez marcado (McFarlane *et al.*, 1990). Estos marcajes varían ampliamente en tamaño, forma, color, mecanismo de anclaje o materialidad del marcaje (vinilo, acero inoxidable, entre otros) (Sandford *et al.*, 2019; Booth & Weyl, 2008). Se destacan por su rápida aplicabilidad, poca experiencia de marcado requerida para el procedimiento, buenas tasas de retención y bajo costo, características que facilitan su aplicación a una gran cantidad de peces (McFarlane *et al.*, 1990; Dunlop *et al.*, 2013; Gil *et al.*, 2017).

El uso de estos marcajes requiere una posterior recaptura de los individuos marcados para así medir el crecimiento o identificar un inicio y un punto final de los patrones de movimiento (Hazen *et al.*, 2012). Además, se pueden inferir características poblacionales como su estructura, distribución, movimientos migratorios (Jacobsen & Hansen, 2004; Kaunda-Arara & Rose, 2004),

estimación de la abundancia de peces, junto con otros parámetros como la supervivencia y probabilidad de captura (Booth & Weyl, 2008), la tasa de crecimiento y longevidad de las especies (Fonteneau & Hallier, 2014). Esto permite la evaluación de medidas de conservación como AMP (Uehara *et al.*, 2019), arrecifes artificiales (Addis *et al.*, 2013), gestión y extracción pesquera (Pine, 2003), entre otras. Son comúnmente utilizadas en proyectos de marcaje colaborativos en especies altamente migratorias como especies de tiburones, atunes, merluzas, peces picudos y bacalaos entre otros (Dunlop *et al.*, 2013; Fonteneau & Hallier, 2014; Williams *et al.*, 2002; Ortiz *et al.*, 2003), además de emplearse comúnmente como herramienta de identificación visual externa en peces marcados con marcajes electrónicos internos no visibles (Logan & Lowe, 2018).

Dentro de las desventajas asociadas al uso de estos dispositivos, se reporta que al ser relativamente grandes y externos, podrían afectar funciones biológicas normales como la natación especialmente en peces pequeños (Sandford *et al.*, 2019), alterar la forma aerodinámica del pez, aumentar la probabilidad de depredación, generar atrapamiento en algas o redes y generar bioincrustación sobre las marcas (Jacobsen & Hansen, 2004; Lucas & Baras, 2000). Por otra parte, la pérdida no contabilizada de las marcas, la calidad de la información sobre las recuperaciones y la heterogeneidad de las recapturas afecta directamente la estimación del tamaño poblacional pudiendo generar un sesgo negativo de la supervivencia aparente, por lo tanto, identificar y corregir la pérdida de marcas y mejorar la calidad de la información sobre las recapturas es esencial en cualquier estudio de marca-recaptura (Booth & Weyl, 2008; Jacobsen & Hansen, 2004; Fonteneau & Hallier, 2014).

El proyecto cooperativo de marcado de peces del Instituto de Investigaciones Oceanográficas (ORI) en Sudáfrica, el cual a finales del 2011 llevaba 27 años en curso, logró un total de 251.900 peces marcados con dispositivos tradicionales de anclaje externo (principalmente *dart tag* y marcajes de disco) de los cuales aproximadamente el 5,2% ha sido recapturado. Este proyecto se considera uno de los proyectos colaborativos con tasas de recuperación más altas, y uno de los principales problemas reportados corresponde a la notificación de peces recapturados por parte del público pesquero en general. Una encuesta realizada informó que el 42% de los pescadores entrevistados había soltado el pez sin registrar el número del marcaje o bien no realizó la

notificación adecuadamente (Dunlop *et al.*, 2013). Se estima que las tasas de notificación tan bajas son comunes en los proyectos de marcado cooperativo en todo el mundo, a lo cual se suma que la calidad de la información referente a la recaptura suele ser insuficiente (Dunlop *et al.*, 2013).

Por otra parte, Sumpton y colegas en el año 2010 publicaron un estudio que reveló que las tasas de recaptura de peces marcados y liberados por investigadores fueron significativamente más altas (23,8%) que la tasa de recaptura de peces marcados y liberados por pescadores deportivos que realizan marcado recreativo (14,4%). Es probable que ésta variación se deba a la diferencia entre las prácticas de manejo, marcaje y liberación de los peces marcados (Sumpton *et al.* 2010).

Los marcajes más comunes de este grupo corresponden al marcaje de dardo (*dart tag*), marcaje de ancla (*t-bar*), marcaje con anclaje abdominal (*internal anchor tag*) y un marcaje de aleta llamado *rototag* ampliamente utilizado en el marcaje de tiburones (Figura 3) (Kohler *et al.*, 2002; McFarlane *et al.*, 1990; Gil *et al.*, 2017). Es claramente importante considerar que el tamaño y forma del marcaje se adecúen correctamente al tamaño y forma del pez marcado (Sandford *et al.*, 2019; Booth & Weyl, 2008). Existen dispositivos desde los 4 cm de largo (marcaje de ancla fina TBF o marcaje de dardo modelo PDXL (marca Hallprint) recomendado para el marcaje de especies de peces mayores de 10 y 20 cm de largo total, respectivamente, según recomendaciones del fabricante, y marcajes de mayor longitud y grosor para peces sobre los 200 kilogramos. Adicionalmente, existen marcajes de anclaje que contienen un marcaje de almacenamiento o un marcaje de transpondedor pasivo integrados como parte de un mismo marcaje (extraído de Hallprint Fish Tags, <https://hallprint.com/> y Floy Tag ® <http://www.floytag.com/>).

Los marcajes de anclaje externo como el *dart tag* o el *t-bar* se insertan generalmente en la musculatura dorsal debajo de la aleta dorsal del pez a modo de anclar el extremo del marcaje entre los pterigióforos dorsales del pez, mediante un aplicador manual o una pistola etiquetadora (Kaunda-Arara & Rose, 2004; Booth & Weyl, 2008). Por otra parte, en el caso del marcaje de anclaje abdominal, se inserta una porción del marcaje mediante la realización de una incisión < 5 mm en el área ventral del pez (Gil *et al.*, 2017; Addis *et al.*, 2013).

La pérdida de marcas se puede ver influenciada por características físicas del entorno y el comportamiento de los peces, el tiempo en libertad, el diseño de las marcas, la respuesta inmunológica a las marcas, la técnica de marcado, la experiencia del personal de marcado y la idoneidad de las especies de peces para el dispositivo de marcaje (Booth & Weyl, 2008; Thorstad *et al.*, 2013; Kaunda-Arara & Rose, 2004; Fonteneau & Hallier, 2014).

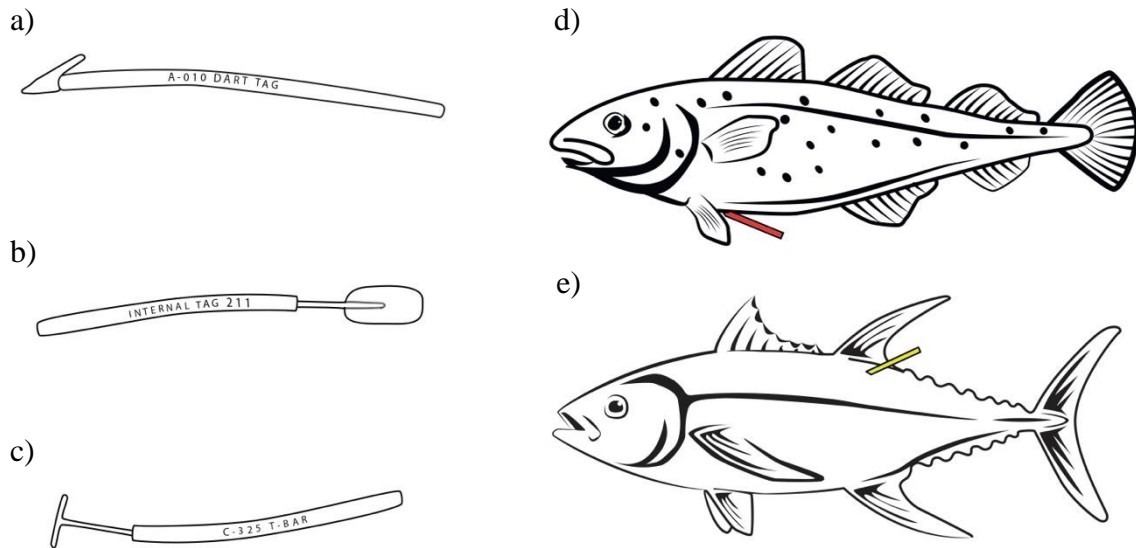


Figura 3. a) Marcaje de dardo o *dart tag*, b) Marcaje con anclaje abdominal, c) Marcaje de ancla o *t-bar*, d) Marcaje con anclaje abdominal insertado ventralmente y e) Marcaje *dart tag* o *t-bar* insertado en musculatura dorsal. Elaboración: Javier Barrientos Loren.

Se reportan, por ejemplo, tasas de retención del marcaje de anclaje abdominal y marcaje *t-bar* de 100% y 92,3%, respectivamente, a los 139 días en corvinas juveniles (*Argyrosomus regius*) y, por otra parte, de 98% y 42%, respectivamente, a los 365 días del marcaje de lubina rayada (*Morone saxatilis*) (Gil *et al.*, 2017; Dunning & Ross, 1987). Si bien el marcaje de anclaje abdominal presenta altas tasas de retención (Gil *et al.*, 2017; Wallin *et al.*, 1997), también presenta mayor mortalidad comparado con los otros tipos de marcajes de anclaje, posiblemente asociado a la mayor invasividad del método de inserción (Adams *et al.*, 2009; Gil *et al.*, 2017).

Por otra parte, se ha demostrado que el marcaje de dardo tiene tasas de retención más altas en comparación con el marcaje *t-bar* en peces gato (*Clarias gariepinus*) y róbalo común (*Centropomus undecimalis*) (Booth & Weyl, 2008; Adams *et al.*, 2009). Mientras tanto, el proyecto ORI registró que el mayor tiempo que un pez marcado estuvo en el mar entre el marcado inicial y la primera recaptura fue de 8256 días (22,6 años) y correspondió a un ejemplar de tiburón toro (*Carcharias taurus*) marcado con un marcaje de dardo (Dunlop *et al.*, 2013).

Dentro de los efectos secundarios producidos por los marcajes de anclaje se reporta irritación, hemorragia e infección en el sitio de inserción, respuesta inflamatoria aguda y crónica, atresia y necrosis del sitio de inserción lo podría traducirse en una expulsión del marcaje, compromiso del estado de salud del individuo, alteración del crecimiento y supervivencia, especialmente entre los peces más pequeños marcados (Gil *et al.*, 2017; Heupel & Bennett, 1997; Akins *et al.*, 2014; Wallin *et al.*, 1997; Booth & Weyl, 2008).

Dispositivos de marcaje electrónicos utilizados en peces de ecosistemas marinos

Los primeros estudios de telemetría en peces ocurrieron durante las décadas del 50 y 60, desde ese entonces, ha habido un enorme aumento en el uso de marcado electrónico, especialmente durante las últimas dos décadas (Thorstad *et al.*, 2013; Jepsen *et al.*, 2005). El término telemetría de peces o biotelemetría a menudo se utiliza para referirse al uso de dispositivos de marcaje electrónicos, los cuales, en la mayoría de los casos, emiten inalámbricamente información repetida sobre la posición, movimientos o mediciones de parámetros ambientales y fisiológicos desde un pez que nada libremente, hacia un receptor móvil o un registrador estacionario (Klimley, 2013). Si bien estos métodos de marcaje son económicamente costosos, la tecnología de marcado electrónico se considera uno de los medios más efectivos para estudiar el comportamiento y la ecofisiología de los animales en su entorno natural (Cooke *et al.*, 2011b; Cooke *et al.*, 2013).

El uso de estas tecnologías ha permitido recopilar datos extensos y detallados en el tiempo y espacio, siendo información más precisa, completa y específica sobre el comportamiento continuo a largo plazo de los peces, la dispersión y el uso del hábitat en comparación con los métodos de marcaje tradicionales, lo que a menudo reduce el número de peces necesarios para responder las preguntas de investigación planteadas y, además, para la mayoría de los métodos, los peces no necesitan ser recapturados para obtener datos (Thorstad *et al.*, 2013; Klimley, 2013; Nash *et al.*, 2014; Cooke *et al.*, 2011a).

El éxito de los estudios de marcado electrónico depende de muchos factores (Jacobsen & Hansen, 2004). Estos deben ser diseñados de una forma rigurosa que considere el correcto diseño experimental del estudio en cuanto a la tecnología a utilizar y pregunta de investigación específica a resolver, el modelo de análisis de datos, los esfuerzos de pesca, la pérdida de dispositivos, la instalación de los receptores, la divulgación al público pesquero general, la imposibilidad de detectar o informar peces marcados durante el proceso de recuperación y la utilización de enfoques multidisciplinarios, entre otros factores (Heupel *et al.*, 2006; Nash *et al.*, 2014; Jacobsen & Hansen, 2004).

Por otra parte, estos estudios deben considerar profundamente el manejo de los individuos y la mantención del bienestar animal de estos (Jacobsen & Hansen, 2004; Cooke *et al.*, 2013). El

peso, volumen y dimensiones del dispositivo de marcaje, la posición de la marca en el pez, el método de anclaje del dispositivo electrónico al pez, el tamaño y etapa de vida de este, y las habilidades del encargado del marcaje, entre otros factores, pueden tener efectos negativos sobre el rendimiento de natación del pez, la cicatrización de la incisión, la retención del dispositivo, el crecimiento y alimentación, la supervivencia y el comportamiento del individuo (Cooke *et al.*, 2011b; Bohaboy *et al.*, 2019).

Se recomienda evaluar la retención del marcaje, la supervivencia de cada especie y los efectos del método de acoplamiento del dispositivo a pez antes de realizar los estudios en campo, especialmente para individuos juveniles y otros peces de cuerpo pequeño donde aumenta el riesgo de efectos negativos asociados al marcaje (Musselman *et al.*, 2019; Bohaboy *et al.*, 2019). Se requiere utilizar protocolos y métodos de marcado óptimos para cumplir con los estándares éticos para el uso de animales de experimentación y garantizar que el comportamiento, bienestar y la supervivencia de los individuos no sean afectados por las técnicas de marcaje (Cooke *et al.*, 2013; Klimley, 2013).

En general, los efectos secundarios asociados al acoplamiento de dispositivos electrónicos corresponden principalmente a inflamaciones, infecciones, expulsión/pérdida del dispositivo, comportamiento alterado, disminución del rendimiento de natación, alteración en la flotabilidad, atrapamiento, reducción de la alimentación y crecimiento y aumento de la mortalidad, entre otros (Thorstad *et al.*, 2013; Jepsen *et al.*, 2005).

La elección del método anclaje del marcaje electrónico al pez depende del dispositivo a usar, la morfología, el tamaño y la etapa de la vida del pez, el hábitat, la duración del estudio y la pregunta de investigación, entre otros factores (Thorstad *et al.*, 2013; Cooke *et al.*, 2011b; Thiem *et al.*, 2010).

La implantación quirúrgica intracelómica del dispositivo de marcaje se considera como el método más apropiado para estudios de biotelemetría a largo plazo (Cooke *et al.*, 2011b; Bohaboy *et al.*, 2019). Dentro de sus ventajas se destaca que el dispositivo no interfiere con la forma aerodinámica del cuerpo del pez y no atrae depredadores. Sin embargo, la implantación quirúrgica requiere mayor práctica y habilidades que los otros métodos de marcado, además, es

posible que la incisión realizada no cicatrice fácilmente en peces que se encuentran en períodos de alta actividad y las suturas puedan soltarse (Cooke *et al.*, 2011b; Thorstad *et al.*, 2013). Adicionalmente, la implantación quirúrgica es menos adecuada para peces planos u otras especies con poco espacio disponible en la cavidad corporal y es posible que los peces marcados requieran un dispositivo de marcaje tradicional externo que permita la identificación por parte de pescadores al ocurrir recapturas o la identificación visual por parte de muestreadores (Thorstad *et al.*, 2013). Además, se considera que el procedimiento implantación quirúrgica intracelómica tiene una mayor duración que el anclaje externo del dispositivo (Bachelier *et al.*, 2019). Adicionalmente, se reporta trauma de la vejiga natatoria en peces con barotrauma sometidos a la implantación quirúrgica intracelómica (Bohaboy *et al.*, 2019).

Por otra parte, para el anclaje externo de dispositivos electrónicos se pueden utilizar fijaciones con alambres o barras de acero inoxidable a través del músculo de la aleta dorsal o anclajes con cabeza de dardo Domeier (Domeier *et al.*, 2005; Bohaboy *et al.*, 2019). La ventaja de este método de anclaje es que la realización del procedimiento requiere menor capacitación, se puede utilizar en peces que no son aptos para la implantación quirúrgica, el dispositivo permanece fácilmente visibles y es el método indicado si se utilizan sensores que deben estar en contacto con el agua para medir el entorno externo, además, se describe que los rangos de detección de las señales emitidas son más largos en comparación con la implantación quirúrgica (Lucas & Baras, 2000; Thorstad *et al.*, 2013; Bachelier *et al.*, 2019). Por otra parte, los dispositivos de marcaje electrónico externos interfieren con la forma aerodinámica del pez y pueden provocar pérdida del equilibrio postural, aumentar la resistencia y probabilidad de atrapamiento en algas u otros objetos resultando en daños para el pez o pérdida prematura del dispositivo (Lucas & Baras, 2000; Thorstad *et al.*, 2013).

El tercer método de anclaje del dispositivo de marcaje electrónico al pez corresponde a la inserción gástrica a través de la boca o inserción a través del uso de carnada (Mc Garigal, 2018). Este es un método de marcado no quirúrgico invasivo rápido que elimina el estrés fisiológico adicional debido a la cirugía (Mc Garigal, 2018). Es principalmente adecuado para peces en etapas de vida en las que ha cesado la alimentación (Danylchuk *et al.*, 2019; Thorstad *et al.*, 2013). Sin embargo, existe adicionalmente el riesgo de pérdida del dispositivo por regurgitación,

y la disminución en la alimentación y crecimiento de los peces (Mc Garigal, 2018; Thorstad *et al.*, 2013).

Por otro parte, no existe una regla general sobre el tamaño del dispositivo que pueda relacionarse con el tamaño del pez sin producir en él efectos negativos (Jepsen *et al.*, 2005). La relación máxima adecuada entre el tamaño del dispositivo y el tamaño del pez está determinada por la especie involucrada y la etapa de vida en la que se encuentra, el método de marcado y los objetivos específicos del estudio (Thorstad *et al.* 2013).

Se recomienda diseñar el estudio para utilizar dispositivos de marcaje lo más pequeños posibles (Jepsen *et al.*, 2005). Si bien en el libro “Fisheries Techniques” publicado en el año 1983 se recomendó que los peces no deben estar equipados con transmisores que pesen más del 2% del peso corporal del pez fuera del agua, actualmente, esta “regla del 2%” se ha desafiado por varios estudios (Cooke *et al.*, 2013) y no es suficiente para asegurar que el dispositivo de marcaje no produjo efectos adversos en el pez, ya que los efectos asociados al uso de dispositivos electrónicos se ven influenciados tanto por el diseño del dispositivo (volumen, dimensiones y peso) como por la morfología y biología del pez, el método de anclaje, la posición del dispositivo en el pez y la manipulación, manejo y liberación de este (Jepsen *et al.*, 2005; Thorstad *et al.*, 2013).

A continuación, se describen generalidades de algunos de los tipos de marcaje electrónico utilizados en peces de ecosistemas marinos, profundizando en la funcionalidad de cada uno, las ventajas y desventajas y su aplicación en la conservación de peces de ambientes marinos (Tabla 3.)

Tabla 3. Generalidades de las ventajas y desventajas de los dispositivos de marcaje electrónicos utilizados en peces de ambientes marinos.

Dispositivo de marcaje	Ventajas	Desventajas	Referencias
<p>Marcaje pasivo de transpondedor integrado (PIT)</p>	<p>Rápida y fácil aplicabilidad.</p> <p>Bajo costo</p> <p>Pequeño tamaño, uso en peces > 50 mm.</p> <p>Tiene larga vida útil (hasta décadas).</p> <p>Alta tasa de retención y supervivencia.</p>	<p>No permite reconocimiento visual <i>in situ</i>.</p> <p>Requiere una distancia aproximadamente menor a 1 metro para su lectura.</p> <p>Se requiere un equipo de escaneo manual para la identificación del individuo.</p> <p>La inserción intracelómica puede generar mayor mortalidad en peces pequeños.</p>	<p>Thorstad <i>et al.</i>, 2013; Cooke <i>et al.</i>, 2013; Harding <i>et al.</i>, 2019; Musselman <i>et al.</i>, 2017; Hazen <i>et al.</i>, 2012; Drenner <i>et al.</i>, 2012; Reemeyer <i>et al.</i>, 2019; Sandford <i>et al.</i>, 2019.</p>

Dispositivo de marcaje	Ventajas	Desventajas	Referencias
<p>Marcaje de transmisión acústica</p>	<p>Obtención de datos telemétricos (sin necesidad de la recaptura de los individuos). Se obtienen datos específicos y repetitivos de la posición del pez. Permite la obtención de datos durante condiciones ambientales de poco acceso para investigadores. Permite el monitoreo de un individuo a largo plazo (> 1 año). Puede anclarse al pez de forma externa o interna. Se puede complementar con sensores. Permite utilizar un número reducido de individuos. Puede realizarse un rastreo automático o activo.</p>	<p>Alto costo Se requiere personal capacitado para su inserción. Falta de métodos estandarizados para el análisis de los datos. Obtención de muchos datos. Uso limitado a individuos > 150 mm (según morfología). Efectos secundarios como irritación, infección, necrosis del tejido, expulsión, muerte.</p>	<p>Thorstad <i>et al.</i>, 2013; Lucas & Baras, 2000; Klimley, 2013; Cooke <i>et al.</i>, 2011a; Hazen <i>et al.</i>, 2012; Heupel <i>et al.</i>, 2006; Cooke <i>et al.</i>, 2013; Claisse <i>et al.</i>, 2011; Pittman <i>et al.</i>, 2014.</p>

Dispositivo de marcaje	Ventajas	Desventajas	Referencias
Marcaje de archivo (DST)	<p>Medición periódica de parámetros ambientales o fisiológicos específicos.</p> <p>Dependiendo del sensor, se puede acoplar al pez de forma externa o interna.</p>	<p>Alto costo</p> <p>Es requerida la recaptura de los individuos para la obtención de los datos.</p> <p>Gran tamaño, uso limitado a individuos con peso > 500 gramos.</p> <p>Puede alterar la natación y forma aerodinámica.</p> <p>Efectos secundarios como irritación, infección, necrosis del tejido, expulsión, muerte.</p>	<p>Peatman & Abascal, 2018; Thorstad <i>et al.</i>, 2013; Cooke <i>et al.</i>, 2013; Welch <i>et al.</i>, 2002; Lucas & Baras, 2000; Cooke <i>et al.</i>, 2011a.</p>
Marcaje satelital	<p>Medición periódica de parámetros ambientales o fisiológicos específicos sin necesidad de recapturar a los individuos para la obtención de datos.</p> <p>Permite marcar especies marinas de gran tamaño.</p> <p>Permite marcar especies que presentan una muy baja probabilidad de recaptura.</p> <p>Variedad de modelos, tamaños y métodos de anclaje al pez.</p>	<p>Alto costo</p> <p>Gran tamaño, uso limitado a individuos con peso > 45 kilogramos.</p> <p>Puede alterar la natación y forma aerodinámica.</p> <p>Efectos secundarios como irritación, infección, necrosis del tejido, expulsión, muerte.</p> <p>Se deben considerar limitaciones relacionadas con el tamaño del mensaje y la disponibilidad del satélite.</p>	<p>Hueter <i>et al.</i>, 2018; Skubel <i>et al.</i>, 2020; Calich <i>et al.</i>, 2018; White <i>et al.</i>, 2019; Carlisle <i>et al.</i>, 2019.</p>

Marcaje de Transpondedor Integrado Pasivo (PIT)

El marcaje de transpondedor integrado pasivo (PIT tag por sus siglas en inglés) o también llamado chip RFID (Himawan *et al.*, 2018) es un microchip encapsulado en vidrio que debido a su falta de batería tiene una larga vida útil (años a décadas) y un pequeño tamaño (Thorstad *et al.*, 2013; Cooke *et al.*, 2013). A pesar de no presentar batería, los marcajes PIT fueron clasificados como dispositivos electrónicos debido a que permanecen inactivos hasta que son detectados a corto alcance por un equipo de escaneo manual que alimenta los circuitos del marcaje y permite que el chip emita una señal codificada única para cada individuo marcado (Figura 4) (Hazen *et al.*, 2012; Drenner *et al.*, 2012; Thorstad *et al.*, 2013).

Dado su pequeño tamaño (8 a 22 mm de largo y 0,1 gramos de peso), en general, los marcajes PIT han sido aplicados en peces > 5 cm de LT con una alta retención y supervivencia (Sandford *et al.*, 2019; Musselman *et al.*, 2017), siendo ésta una herramienta que permite estudiar individuos pequeños o en etapas de vida juveniles ya sea en el campo, laboratorio o criaderos (Thorstad *et al.*, 2013; Harding *et al.*, 2019; Cooke *et al.*, 2013; Musselman *et al.*, 2017).



Figura 4. Marcaje PIT (derecha) representado en conjunto con un lector de marcajes PIT (izquierda). Elaboración: Manuela Fernanda González González.

El marcaje PIT puede ser insertado dentro de la cavidad peritoneal del pez mediante una incisión (Adams *et al.*, 2009) o vía subcutánea en la zona ventral del pez (Harding *et al.*, 2019), métodos generalmente utilizados en peces más pequeños o juveniles, o bien, puede insertarse con un aplicador manual en la musculatura dorsal del pez, siendo esta alternativa más típicamente aplicada en peces de mayor tamaño, entre otras ubicaciones anatómicas reportadas (Musselman *et al.*, 2017). Los tamaños más grandes del dispositivo se asocian con un mayor rango de lectura lo cual es ventajoso para los estudios de campo en especies de mayor tamaño (Musselman *et al.*, 2017).

Dentro de sus principales ventajas, se destaca que el marcaje PIT es de bajo costo, de fácil aplicabilidad, es de pequeño tamaño y de larga vida útil, lo que permite un seguimiento a largo plazo de indicadores de aptitud individual como el crecimiento y la supervivencia (Cooke *et al.*, 2013; Drenner *et al.*, 2012), estimar el tamaño poblacional (Pine, 2003), informar tasas de migración y mortalidad (Hazen *et al.*, 2012). Se ha empleado en el estudio de patrones de movimiento a pequeña escala, como por ejemplo, la fidelidad a sitios de anidación y el tamaño del área utilizada por pequeños peces adultos de arrecife de las familias Blenniidae y Gobiidae (Harding *et al.*, 2019), el movimiento y el uso de hábitat de poblaciones de trucha marrón (*Salmo trutta*) nativa y de criadero en diferentes microhábitats (Teixeira & Cortés, 2007) y comportamiento del pez damisela marina (*Pomacentrus amboinensis*), cuantificando el número de visitas al nido y tiempo que los individuos pasaron dentro del nido (McCormick & Smith, 2004). Además, ha sido una herramienta valiosa para estudiar el movimiento de peces, como salmónidos, a través de pasillos estrechos desplegando varios lectores en posiciones estratégicas sin necesidad de capturar a los peces marcados o bien pueden ser detectados en depredadores terrestres de pequeños peces marcados (Cooke *et al.*, 2013; Hazen *et al.*, 2012).

Por otra parte, una de las desventajas asociadas a este dispositivo de marcaje es que el individuo marcado debe encontrarse a una distancia menor 1 metro del lector para obtener el código único del individuo (Cooke *et al.*, 2013) requiriendo muchas veces la recaptura del pez y un lector adecuado o bien un despliegue estratégico de lectores en el campo, como entradas de nidos, cuevas o pasillos estrechos (Musselman *et al.*, 2017; Hazen *et al.*, 2012). Adicionalmente, del dispositivo no permite el reconocimiento visual del individuo marcado dado que la mayoría de las veces este se acopla al pez de forma interna, sin embargo, algunos autores describen el uso de dispositivos de marcaje tradicional externo como el “dart tag” que contienen un marcaje PIT integrado (Himawan *et al.*, 2018), pero en este caso también se observarían las desventajas asociadas al uso de marcajes externos.

Si bien el nivel de retención del marcaje es específico de la especie, el tamaño del dispositivo, la ubicación anatómica de la marca y el método de implantación (McCormick & Smith, 2004; Musselman *et al.*, 2017), se reporta que en general, el marcaje PIT tiene una alta retención, siendo igual o superior al 90% a los 60 días del marcaje en el 85% de los experimentos revisados por

Musselman y colegas en el año 2017, de un total de 97 estudios revisados. Adicionalmente, se considera que en general, el marcaje PIT aplicado de forma correcta y en tallas de peces adecuadas para el tamaño del dispositivo, tiene una alta tasa de supervivencia incluso en especies pequeñas con excepción de algunas especies (Musselman *et al.*, 2017), no tiene efectos significativos en la fisiología del pez, a excepción de una respuesta de estrés inmediata (Reemeyer *et al.*, 2019), y no tiene efectos significativos en la mortalidad ni en el crecimiento de los individuos (McCormick & Smith, 2004). Sin embargo, los individuos más pequeños marcados pueden tener un crecimiento más lento y una mayor mortalidad después de la inyección intracelómica del marcaje PIT (Sandford *et al.*, 2019). Esto debido, a que en particular la inserción ventral dentro de la cavidad peritoneal, podría dañar órganos internos, causar hemorragia interna o aumentar la susceptibilidad a infecciones (Reemeyer *et al.*, 2019). Adicionalmente, se reporta que mortalidades altas en estudios de peces marcados con PIT se debe potencialmente a factores externos del lugar de procedimiento en sí, más que al marcaje y procedimiento de marcado (Musselman *et al.*, 2017).

Transmisor de radio

Los transmisores de radio corresponden a dispositivos que emiten una señal de radio (MHz) que se propaga por el aire o agua mediante un cable conductor o antena y es recibida por receptor portátil y antena aérea o mediante un receptor/registrador fijo a una distancia de entre decenas de metros y algunos kilómetros (Hidalgo-Mihart & Olivera-Gómez, 2011; Thorstad *et al.*, 2013).

Las señales de radio son atenuadas debido a las sales disueltas en el agua, reduciendo el rango de señal a prácticamente cero en el agua salobre y de mar, limitando la utilidad de este método en peces de

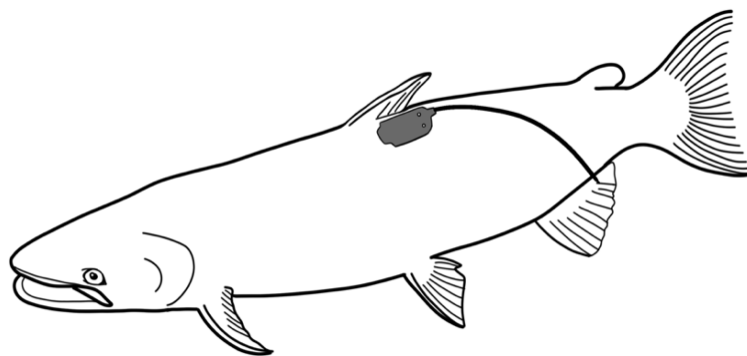


Figura 5. Transmisor de radio acoplado de forma externa en la musculatura dorsal de un pez de ambientes dulceacuícolas. En caso de aplicarse de forma interna, la antena debería exteriorizarse. Elaboración: Manuela Fernanda González

ecosistemas marinos (Thorstad *et al.*, 2013; Heupel *et al.*, 2006). El método se utiliza principalmente en ríos, arroyos y lagos poco profundos, para peces que residen cerca de la superficie o bien en ambientes terrestres (Figura 5) (Lucas & Baras, 2000; Cooke *et al.*, 2013) razón por la cual no se abordarán más detalles respecto a este dispositivo de marcaje en este informe.

Transmisor acústico

Los transmisores acústicos corresponden a dispositivos que emiten una señal ultrasónica (kHz) que se propaga omnidireccional, rápida y únicamente por el agua, con poca atenuación en agua salobre y es recibida y archivada por receptores hidroacústicos (denominados hidrófonos) sumergidos en el agua o por estaciones de escucha automática fija, siempre y cuando el pez marcado se encuentre dentro del alcance (Thorstad *et al.*, 2013; Lucas & Baras, 2000; Klimley, 2013; Cooke *et al.*, 2011a; Hazen *et al.*, 2012).

La telemetría acústica en ambientes marinos se considera como una tecnología de punta que ha entregado un nuevo nivel de resolución para monitorear patrones de movimiento, entregando datos detallados y repetitivos de un mismo individuo en el tiempo y espacio (Cooke *et al.*, 2011a; Novak, 2018; Thorstad *et al.*, 2013). El uso de esta tecnología requiere un menor tiempo de trabajo en campo, permite el monitoreo durante condiciones ambientales de poco acceso para investigadores y no se requiere la recaptura de los individuos para obtener los datos registrados (Heupel *et al.*, 2006; Cooke *et al.*, 2013), características que permiten resolver las lagunas de información específica con respecto a los patrones de movimiento a largo plazo o corto plazo de las especies (Novak, 2018). Además, los transmisores acústicos pueden estar diseñados para acoplarse al pez de forma interna y también existe una gran variedad de mecanismos de anclaje externo (Figura 6).

La telemetría acústica submarina ultrasónica ha sido utilizada para resolver una gran variedad de cuestionamientos científicos. Puede proporcionar estimaciones de las posiciones tridimensionales de los peces marcados y es un medio confiable para rastrear el movimiento, la supervivencia y comportamientos específicos de los peces marcados en un corto o largo plazo en su entorno natural (Bohaby *et al.*, 2019; Heupel *et al.*, 2006; Harding *et al.*, 2019). Ha sido

ampliamente utilizada para estudiar patrones de uso de hábitat y rango de hogar individual de los peces a una escala fina (Novak, 2018; Cooke *et al.*, 2011a), establecer el desplazamiento máximo de los individuos (Pittman *et al.*, 2014), estudiar las migraciones a sitios de alimentación o desove (Claisse *et al.*, 2011; Feeley *et al.*, 2018) estudiar la fidelidad al sitio propia de cada especie (Adams *et al.*, 2009; Pickholtz *et al.*, 2018), la utilización de los recursos y otras características claves acerca de su función ecológica en un ecosistema (Gualtieri *et al.*, 2013).

Adicionalmente, los transmisores acústicos pueden estar equipados con uno o más sensores que registran parámetros ambientales y/o fisiológicos (Cooke *et al.*, 2013). Estos pueden entregar información referente a la presión (profundidad), temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, posición corporal y comportamiento detallado mediante el uso de acelerómetros (velocidad de nado, tasa metabólica y gasto energético), inactividad, actividad muscular (electromiograma) o frecuencia cardíaca entre otros parámetros (Thorstad *et al.*, 2013; Klimley, 2013; Lucas & Baras, 2000). Esto ha permitido comprender el comportamiento de los peces en relación a las variaciones naturales de los factores ambientales y la influencia de las perturbaciones antropogénicas en el medio ambiente, además de definir características oceanográficas del hábitat de los peces y permitir una discriminación más fina entre diferentes comportamientos de un mismo pez (Cooke *et al.*, 2011a; Lucas & Baras, 2000).

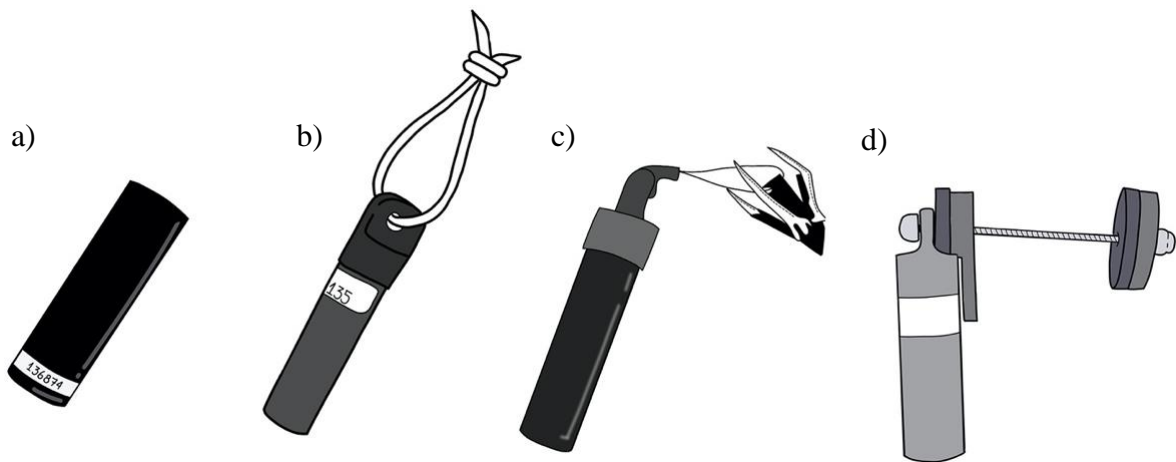


Figura 6. a) Transmisor acústico adecuado para inserción intraperitoneal, b) Transmisor acústico adaptado para su anclaje externo con un cable, c) Transmisor acústico adaptado con un dardo Domeier para el anclaje externo y d) Transmisor acústico adaptado con una barra de acero inoxidable para el anclaje externo. Elaboración: Manuela Fernanda González González.

Así mismo, la combinación del monitoreo acústico con otras técnicas y herramientas como el rastreo visual, marcaje tradicional o muestras biológicas ha permitido aumentar la información obtenida y describir comportamientos detallados de las especies (Cooke *et al.*, 2013; Nash *et al.*, 2014).

Sin embargo, la telemetría acústica es una tecnología económicamente costosa para la cual actualmente no existen métodos estandarizados para analizar los datos del monitoreo acústico, lo que constituye una de las mayores limitaciones y dificultades al utilizar, analizar y publicar datos de monitoreo acústico (Heupel *et al.*, 2006). Además, se describe que se dificulta la documentación de efectos negativos significativos en los individuos dado a que los tamaños de muestra son generalmente demasiado pequeños y a que la mayoría de los estudios carecen de réplicas adecuadas (Cooke *et al.*, 2011b).

Los peces marcados con transmisores acústicos pueden emitir señales codificadas únicas para cada individuo (Cooke *et al.*, 2013), las cuales pueden ser rastreadas de forma manual o automática (Thorstad *et al.*, 2013). En los últimos 10 a 20 años, ha habido un cambio en el dominio de los métodos telemétricos de rastreo manual (rastreo activo) a métodos con enfoques pasivos y matrices de receptores fijos (rastreo automático) (Nash *et al.*, 2014; Cooke *et al.*, 2013). El rastreo manual de peces con transmisores acústicos puede funcionar bien en zonas de alimentación y en las agregaciones de desove (Paris, 2018) y se realiza mejor en barco, ya que el hidrófono debe sumergirse en el agua dentro del área de estudio, o bien, se puede realizar un seguimiento subacuático continuo del individuo mediante el uso de un hidrófono direccional de sonido (Thorstad *et al.*, 2013; Heupel *et al.*, 2006).

Por otra parte, el rastreo automático de señales acústicas es realizado por receptores automáticos estacionarios o también denominadas estaciones de escucha automática (ALS), las cuales registran la hora, fecha y la identidad de los peces marcados con transmisores acústicos que nadan dentro del alcance de las unidades receptoras independientes que conforman la matriz acústica, así como también pueden registrar los datos obtenidos por los dispositivos de marcaje que incluyen sensores (Heupel *et al.*, 2006).

El diseño de la matriz acústica y el diseño experimental del estudio se consideran clave para el éxito de un estudio de transmisión acústica (Heupel *et al.*, 2006). En este se debe considerar claramente el objetivo del estudio (ej. definición de uso de hábitat, definición de rutas migratorias, movimientos a largo plazo) y la escala temporal y espacial de la información deseada, además de las condiciones ambientales del lugar (ej. tráfico de embarcaciones, actividades de extracción de recursos, corrientes), la ubicación estratégica y viable del receptor y, el adecuado sistema de anclaje del receptor al medio ambiente (Heupel *et al.*, 2006; Thorstad *et al.*, 2013). Las matrices acústicas pueden utilizarse para monitorear grandes áreas utilizando cuadrículas (Dahl & Patterson, 2020) o márgenes continentales por ejemplo, mediante el despliegue de “puertas” o “cortinas” de recibidores acústicos, de las cuales se han reportado matrices de más de 50 unidades recibidoras, siendo de gran utilidad para el estudio de rutas migratorias o evidenciar el paso a través de límites definidos (salida de reservas marinas por ejemplo) (Heupel *et al.*, 2006; Cooke *et al.*, 2011a; Welch *et al.*, 2002).

Los transmisores acústicos están conformados en su mayor parte por la batería la cual determina la vida útil de estos, por lo que los transmisores más pequeños tienen una capacidad limitada en comparación con los transmisores más grandes, pudiendo variar desde unas pocas semanas de vida útil a varios años respectivamente limitando los estudios de largo plazo solo a peces grandes (Cooke *et al.*, 2011a; Thorstad *et al.*, 2013; Lucas & Baras, 2000). Por otra parte, los transmisores de menor tamaño emiten frecuencias más altas, las cuales tienen menor potencia y por lo tanto un rango máximo más corto (Cooke *et al.*, 2013; Claisse *et al.*, 2011).

Además de la frecuencia y potencia de salida, el rango de detección de las señales acústicas depende de varios factores como la turbidez del agua, la estratificación del agua con diferente salinidad, el ruido producido por la acción de las olas, la lluvia, los sonares, la bio incrustación sobre los transmisores o recibidores, las características del recibidor, la posición tanto del pez marcado como del recibidor en la columna de agua, el ruido de embarcaciones o el ruido biológico producido por otros animales y la conducta del pez, ya que, por ejemplo, las especies que suelen alimentarse de algas bentónicas tienden a posicionarse detrás de estructuras que

interfieren acústicamente (rocas, corales) (Thorstad *et al.*, 2013; Heupel *et al.*, 2006; Claisse *et al.*, 2011).

Los avances en microelectrónica y la demanda de etiquetas cada vez más pequeñas han dado como resultado el desarrollo de transmisores acústicos subacuáticos miniaturizados lo suficientemente pequeños como para ser implantados en peces tan pequeños como los smolts de salmón del atlántico (*Salmo salar*) (>15 cm LT) (Cooke *et al.*, 2011b; Lacroix *et al.* 2005), siempre dependiendo de la especie y morfología, pero con suficiente duración de batería para emitir un código de identificación único cada minuto durante un año o más (Thorstad *et al.*, 2013; Lucas & Baras, 2000; Pittman *et al.*, 2014). Sin embargo, debido a la necesidad de una relación pequeña entre el tamaño del dispositivo y el tamaño del pez, se ha limitado el uso de estos dispositivos para las primeras etapas de vida de algunas especies (Hazen *et al.*, 2012; Heupel *et al.*, 2006).

Marcaje de archivo (DTS)

El marcaje de almacenamiento o de archivo, también llamado DST por sus siglas en inglés (*data storage tag*) o *data logger* es un dispositivo de marcaje electrónico formado por distintos sensores cuyas mediciones periódicas de variables ambientales o fisiológicas obtenidas se almacenan en un chip RAM de alta capacidad de memoria (Figura 7) (Lucas & Baras, 2000; Welch *et al.*, 2002; Hazen *et al.*, 2012).

Los *data loggers* pueden estar equipados con 1 a 3 sensores diferentes, pueden almacenar datos tan seguidos como cada 1 minuto y dependiendo de la configuración, pueden funcionar hasta por 9 años (Hazen *et al.*, 2012; Thorstad *et al.*, 2013; extraído de Star Oddi, <https://www.star-oddi.com/>). El marcaje DST puede acoplarse al pez de forma externa o interna según la indicación del fabricante, el tipo de sensores que contiene y la especie de pez en estudio, entre otros factores (Gleiss *et al.*, 2019). Los sensores registran típicamente datos de la profundidad de natación, temperaturas internas y externas, intensidad de la luz, información que puede utilizarse para estimas posiciones geográficas (Peatman & Abascal, 2018), además de datos como el gasto energético, pH interno, aceleración, ángulo de inclinación, entre otros (Sibert, 2001; Thorstad *et al.*, 2013; Hazen *et al.*, 2012).

Este tipo de marcajes ha sido empleado para monitorear grandes depredadores móviles con altas tasas de recapturas o que generalmente regresan a zonas conocidas (Cooke *et al.*, 2011a; Klimley, 2013), pudiendo registrar grandes series temporales de características ambientales en rutas de migración de peces que viajan a través de entornos contrastantes y remotos o poco accesibles como el estudio de rutas migratorias y zonas de desove del atún de aleta azul (*Thunnus thynnus*) (Lucas & Baras, 2000; Block *et al.*, 2005) u otras especies. Por ejemplo,

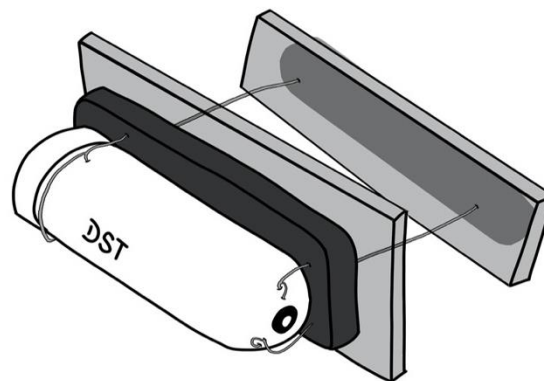


Figura 7. Marcaje de almacenamiento adaptado para el anclaje externo. Elaboración: Manuela Fernanda González González.

el uso de marcajes de archivo personalizados para su aplicación en la platija (*Pleuronectes platessa*) demostró que las tasas de movimiento son a menudo diez veces más rápidas que las deducidas de los experimentos de marcaje tradicional y recuperación (Metcalf & Arnold, 1997). También ha tenido una importante aplicación en el registro de parámetros fisiológicos como mediciones de temperatura visceral en respuesta a alimentación con marcajes de archivo implantados quirúrgicamente y la evaluación de los efectos de la temperatura ambiente en parámetros como la frecuencia del movimiento de la cola o velocidades de nado en atunes (*Thunnus orientalis*) antes y después de la alimentación (Gleiss *et al.*, 2019).

Dentro de las principales desventajas asociadas al uso del marcaje de archivo o DST, constituye que los peces marcados deben ser recuperados para la obtención de los registros almacenados, por lo que la proporción de marcas de archivo devueltas dependerá del esfuerzo de pesca, la supervivencia del individuo, la cooperación de pescadores, el uso de publicidad e incentivos adecuados para promover la devolución de las marcas recuperadas y el uso de marcajes externos visibles en individuos marcados internamente con marcaje de archivo, entre otros factores (Peatman & Abascal, 2018; Thorstad *et al.*, 2013; Cooke *et al.*, 2013; Welch *et al.*, 2002; Lucas & Baras, 2000). Además, se destaca que son unidades grandes (3 gramos en aire micro DST y >19 gramos en aire DST estándar (extraído de Star Oddi, <https://www.star-oddi.com/>) por lo cual su uso está restringido a peces que superen los 500 gramos de peso o > 35 cm de LT para algunos

casos (Lucas & Baras, 2000; Cooke *et al.*, 2011a; Cooke *et al.*, 2013; Welch *et al.*, 2002). Adicionalmente, estos dispositivos tienen un mayor costo económico que los dispositivos de transmisión acústica y en caso de acoplarse al pez de forma externa, puede haber bio incrustación sobre los sensores (Hazen *et al.*, 2012).

Por otra parte, si bien estos marcajes una vez recuperados ofrecen una enorme cantidad de datos, los datos de posición de los individuos marcados o reconstrucción de rutas migratorias a partir de datos ambientales (luz, presión, temperatura y salinidad) es posible solo en casos en los cuales el entorno es variable y está suficientemente documentado para permitir esa reconstrucción (Lucas & Baras, 2000; Hazen *et al.*, 2012).

Marcajes satelitales

Posteriormente, la utilidad de los dispositivos de marcaje de archivo aumentó considerablemente con el desarrollo de marcajes de archivo emergentes o también llamados PSAT debido a sus siglas en inglés (*pop-up satellite archival tag*) (Klimley, 2013; Skubel *et al.*, 2020). Este dispositivo electrónico corresponde a un marcaje de archivo capaz de desprenderse del pez después de un intervalo de tiempo preestablecido y mediante flotabilidad positiva asciende a la superficie donde envía los registros archivados a una red satelital Argos o, es reportado y recuperado, permitiendo su uso en especies que presentan una muy baja probabilidad de recaptura (Cooke *et al.*, 2011a; Klimley, 2013; Hueter *et al.*, 2018).

Los datos registrados por estos dispositivos suelen incluir la temperatura, la profundidad y los niveles de luz, que se utilizan para aproximar la ubicación del marcaje durante el despliegue y contextualizan la ubicación geoespacial de animales individuales (Skubel *et al.*, 2020). Ofrecen una gran cantidad de información sin embargo, son de alto costo económico y de mayor tamaño (> 60 gramos en aire) que los dispositivos de marcaje revisados anteriormente, por lo que su uso está restringido a peces mayores de 45 kilogramos (Lucas & Baras, 2000; Welch *et al.*, 2002). Adicionalmente, el tamaño de los mensajes enviados por el dispositivo es limitado y además, la disponibilidad del satélite puede variar espacial y temporalmente, por lo que podrían haber lagunas en los datos registrados y enviados (Skubel *et al.*, 2020).

Este dispositivo de marcaje (Figura 8a) ha sido ampliamente aplicados en especies de tiburones, como por ejemplo, en hembras de *Carcharhinus falciformis* con objetivo de caracterizar los patrones de movimiento y la ecología del comportamiento (Hueter *et al.*, 2018), delinear migraciones a larga distancia de tiburones blancos (*Carcharodon carcharias*) (Boustany *et al.*, 2002) o evaluar la eficacia del tamaño de áreas marinas protegidas mediante el estudio del uso de hábitat de diferentes especies de peces y elasmobranquios (Carlisle *et al.*, 2019).

Por otra parte, existe un dispositivo de marcaje electrónico de transmisión de temperatura y posición inteligente (SPOT por sus siglas en inglés) el cual es comúnmente utilizado en animales que ascienden periódicamente a la superficie como por ejemplo, diferentes especies de tiburones (Calich *et al.*, 2018). Este dispositivo se acopla al individuo de forma fija y una vez que la antena se encuentra cerca de la superficie o sobre esta, se transmiten los registros almacenados a través de un sistema de satélite (Figura 8b), permitiendo cuantificar el movimiento, selección de hábitat y distribución de los animales marcados sin necesidad de recuperar el dispositivo de marcaje o recapturar al individuo marcado (White *et al.*, 2019).

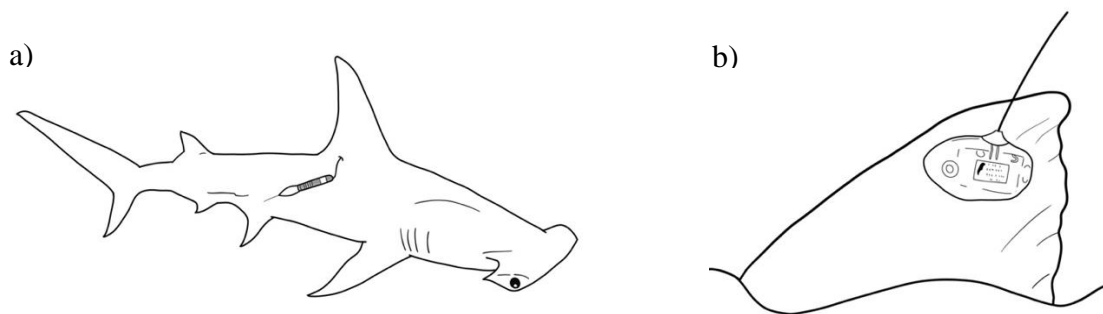


Figura 8. a) Marcaje emergente de archivo satelital anclado externamente en la base de la aleta dorsal de un ejemplar de elasmobranquio oceánico que no suele acercarse a la superficie y b) Marcaje de transmisión de temperatura y posición inteligente anclado de forma externa y fija en la aleta de un ejemplar elasmobranquio que suele nadar cercano a la superficie. Nótese la presencia de antenas en ambos dispositivos de marcaje. Elaboración: Manuela Fernanda González González.

En resumen, existe una gran variedad de dispositivos de marcaje electrónicos y tradicionales, en los cuales hay un constante cambio y desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas no solo en

cuanto al dispositivo de marcaje, si no en cuanto a los métodos de acoplamiento al pez y métodos de descarga y de análisis de los datos obtenidos (Cooke *et al.*, 2011a; Thorstad *et al.*, 2013; Cooke *et al.*, 2013). Es importante considerar que el uso de estas tecnologías esta ligado a varios factores, entre ellos el factor económico, la disponibilidad en el mercado, las condiciones ambientales, el nivel de invasividad de cada procedimiento de marcaje y el tamaño, la morfología y el bienestar animal de las especies manipuladas (Thorstad *et al.*, 2013; Cooke *et al.*, 2013).

Resultados objetivo específico N° 2: “Recopilar características claves acerca del uso marcajes en peces de ambientes marinos mediante una revisión sistemática de estudios publicados en los años 2018-2020”.

Resultados estrategia de búsqueda

La búsqueda encontró 663, 701 y 721 publicaciones para el año 2018, 2019 y 2020 respectivamente. De estas publicaciones, para conformar la base de datos se seleccionaron únicamente 84, 105 y 82 publicaciones, respectivamente lo que constituye un total de 271 artículos seleccionados (Tabla 4).

Tabla 4. Diagrama de flujo PRISMA utilizado para guiar la búsqueda propuesta de literatura relacionada con el marcaje de peces de ambientes marinos.

	2018	2019	2020
Búsqueda en Google Académico “reef fish” tagging OR tag OR tag			
Resultados totales	701	701	721
Aplicación de criterios de elegibilidad			
No utilizaron dispositivo de marcaje	316	406	372
No estudiaron peces de arrecife	192	111	153
No tiene acceso abierto	41	54	73
No corresponden a un estudio terminado	25	17	7
No corresponde a los años de búsqueda	11	4	3
No identifica el dispositivo de marcaje	5	4	13
Publicación repetida	1	1	5
Incluidos revisión sistemática			
Publicaciones transferidas a otros años de la búsqueda	12	1	-7
Publicaciones seleccionadas	84	105	82

En algunos casos, se realizaron diferentes procedimientos de marcaje en un mismo artículo, por lo que un mismo autor pudo contribuir a la base de datos con uno o más procedimientos de marcaje. Cada procedimiento de marcaje corresponde a un protocolo de marcaje diferente. Cada procedimiento de marcaje debe haber aplicado un mismo marcaje o misma combinación de marcajes de una misma forma en una misma especie.

Se registraron un total 495 procedimientos de marcaje diferentes descritos en los 271 artículos seleccionados. De estos procedimientos, 149 fueron publicados el año 2018, 206 el año 2019 y 140 el año 2020 (Figura 9). Esto significa, que gran parte de los estudios que aplican dispositivos de marcaje suelen utilizar más de un protocolo de marcaje, es decir, suelen marcar a más de una especie o bien, marcar a grupos de peces de la misma especie pero con un dispositivo o combinación de dispositivos de marcaje distinto.

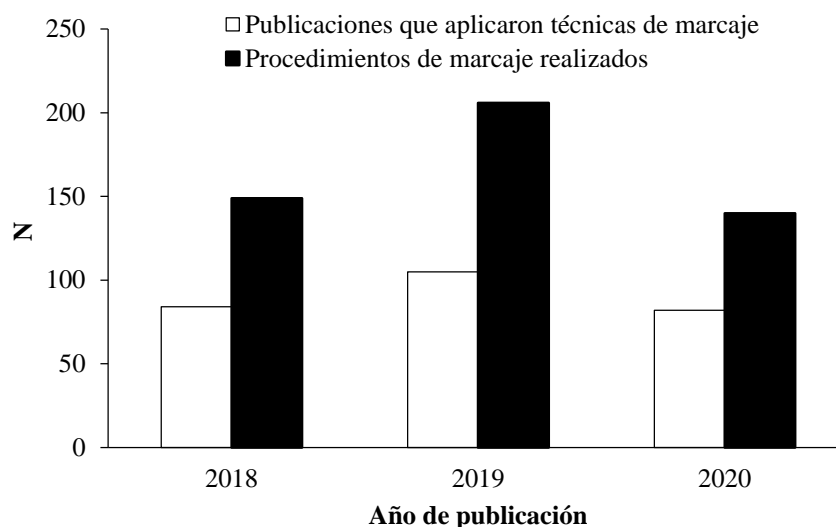


Figura 9. Número total de publicaciones que aplicaron dispositivos de marcaje en peces de ambientes marinos en contraste con el número de procedimientos de marcaje realizados en dichas publicaciones.

Clasificación del dispositivo de marcaje utilizado

Según la clasificación de cada tipo de dispositivo de marcaje (ver Tabla 1) se registraron estudios que aplicaron técnicas de marcajes tradicionales, marcajes electrónicos, o ambas técnicas de marcaje aplicadas en combinación en un mismo estudio (marcaje mixto).

En general, la aplicación de técnicas de marcaje mixto en las publicaciones revisadas fue en todos los casos menor al uso de técnicas tradicionales o electrónicas por si solas, siendo menor al 30% del total de publicaciones revisadas por año.

Por otra parte, en los estudios publicados en el año 2018 y 2019, las técnicas de marcaje tradicionales se utilizaron en una proporción muy similar a las técnicas de marcaje electrónicas (37 a 42%), a diferencia de los estudios publicados en el 2020 los cuales utilizaron predominantemente técnicas de marcaje electrónicas, alcanzando casi un 50% del total de las publicaciones revisadas de ese año (Figura 10).

Tipos de marcajes utilizados

Se registró él o los tipos de marcajes utilizados en cada procedimiento de marcaje en peces marinos en los últimos tres años. En los tres años revisados, el grupo de los marcajes tradicionales de anclaje externo fueron los marcajes más utilizados (33,7%, n = 206), seguido del transmisor acústico (32,8%, n = 200), el implante de elastómero visible (12%, n = 74), el marcaje PIT (10,5%, n = 64), el marcaje satelital (6%, n = 36), el marcaje DST (3%, n = 19), el grupo experimental de otros marcajes tradicionales (1,5%, n = 9) y por último el marcaje CWT (0,5%, n = 3).

En los artículos publicados en el año 2018 y 2019 predominó el uso de los marcajes tradicionales de anclaje externo (40,6%, n = 76 y 33,2%, n = 82 respectivamente). Sin embargo, en los artículos publicados en el año 2020 predominó el uso del transmisor acústico, aplicado en el 43,2% (n = 76) de las publicaciones (Figura 11).

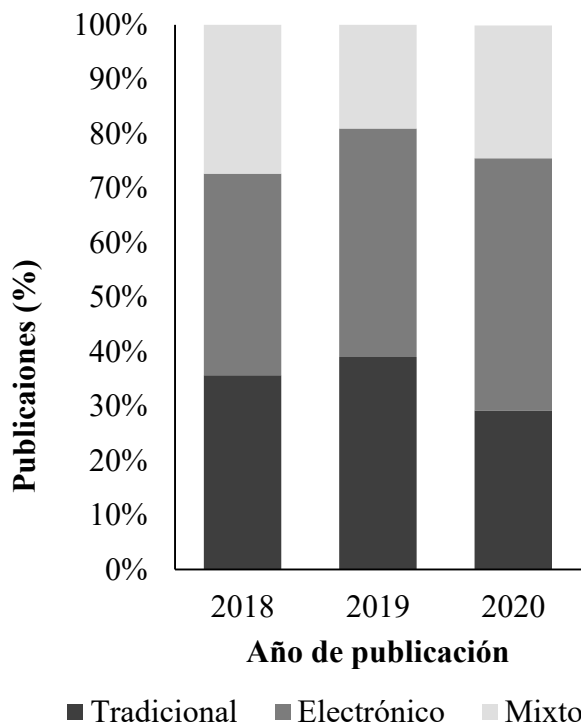


Figura 10. Publicaciones por año clasificadas según técnica de marcaje realizada expresado en porcentaje. Marcaje tradicional (2018 n = 31, 2019 n = 41, 2020 n = 24), marcaje electrónico (2018 n = 30, 2019 n = 44, 2020 n = 38) y marcaje mixto (2018 n = 23, 2019 n = 20, 2020 n = 20) en el total de publicaciones por año.

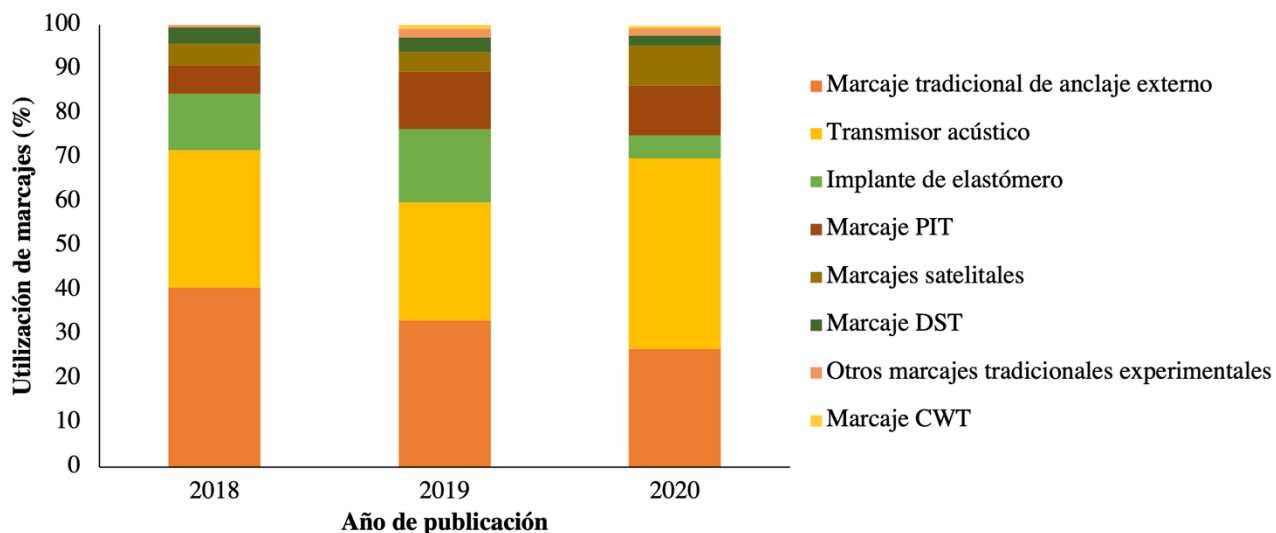


Figura 11. Proporción del uso de diferentes marcajes aplicados en peces de ambientes marinos, en base al total de marcajes aplicados por año (2018 n = 187, 2019 n = 247, 2020 n = 177) (marcaje CWT n = 3, transmisor acústico n = 200, marcajes satelitales n = 36, marcajes tradicionales de anclaje externo n = 206, marcaje DST n = 19, marcaje PIT n = 64, implante de elastómero n = 74, otros marcajes tradicionales n = 9).

Por otra parte, el implante de elastómero visible fue el tercer marcaje más utilizado en el año 2018 y 2019 (12,8%, n = 24 y 16,6%, n = 4 respectivamente). Por otra parte, el año 2020 el tercer marcaje más utilizado correspondió al marcaje PIT, empleado en un 11,4% (n = 20) y el implante de elastómero visible se utilizó solo en un 5% (n = 9).

Los marcajes satelitales se emplearon en proporciones similares en publicaciones del año 2018 y 2019 (4,8%, n = 9 y 4,5% n = 11), sin embargo, en el año 2020 se publicó una mayor cantidad de estudios que utilizaron esta técnica de marcaje (9%, n = 16). De igual forma, este marcaje fue en general, el quinto marcaje más utilizado en peces de ambientes marinos en los tres años revisados.

El marcaje electrónico con menor uso registrado en publicaciones del 2018, 2019 y 2020 fue el marcaje de almacenamiento o *data logger*, el cual, en su máximo número, constituyó el 3,7% (n = 7) de los marcajes aplicados en publicaciones del año 2019. Por otra parte, el grupo de otros marcajes tradicionales experimentales se aplicó en el 1,5% (n = 9) de las publicaciones revisadas y, por último, el marcaje de alambre codificado (CWT) se aplicó en un porcentaje menor al 1%

(n = 3) en todas las publicaciones. Este marcaje es ampliamente utilizado para la obtención de características demográficas en peces con objetivos de ordenación pesquera o en sistemas productivos acuícolas, de los cuales no fueron encontrados informes o publicaciones con la estrategia de búsqueda propuesta. Finalmente, como era de esperarse, no se registró en ningún procedimiento de marcaje con transmisores de radio.

En cuanto al grupo de marcajes de anclaje externo, se registraron 12 diferentes tipos de marcajes empleados en publicaciones de los años 2018-2020. Predominó el uso del marcaje *dart tag*, seguido del marcaje *t-bar* y *rototag* (Figura 12).

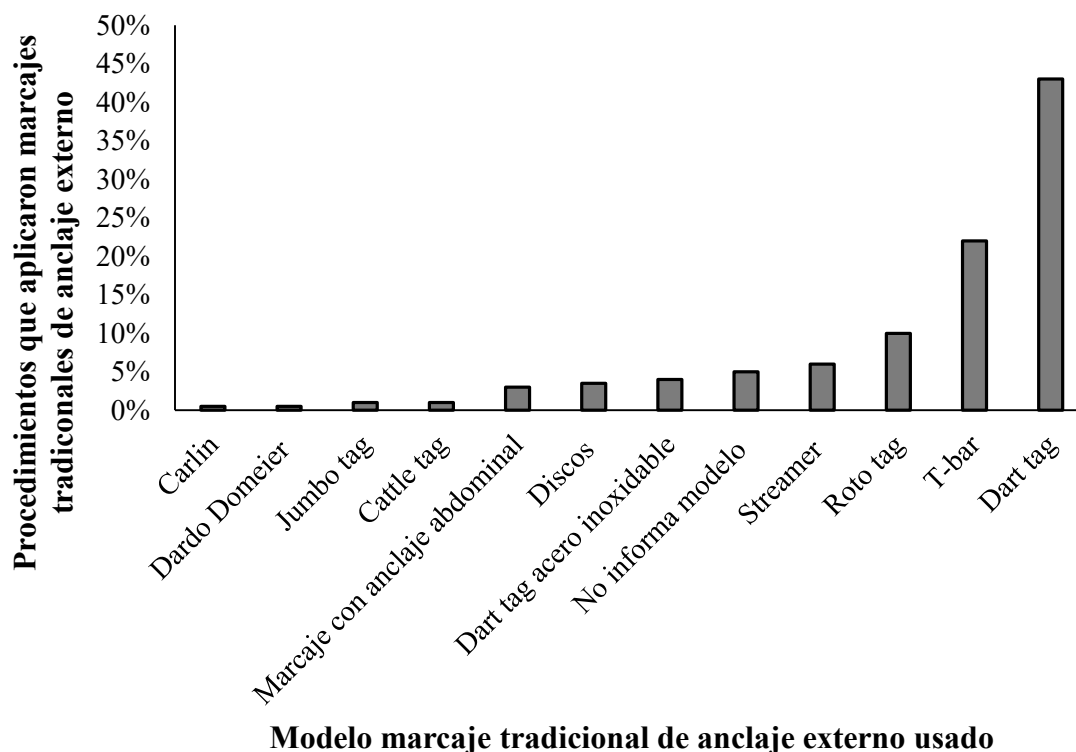


Figura 12. Utilización de los diferentes modelos de marcajes tradicionales de anclaje externo empleados en peces de ambientes marinos en publicaciones del año 2018, 2019 y 2020 (n = 206).

Número de marcajes aplicados por individuos y combinación de marcajes

Se registró el número total de dispositivos de marcaje que se aplicaron sobre un mismo individuo en cada procedimiento de marcaje (Figura 13). Del total de procedimientos de marcaje revisados, el 78% (n = 386) utilizó un único dispositivo de marcaje por individuo.

Por otra parte, el 20,5% (n = 102) del total de procedimientos de marcaje revisados aplicó dos dispositivos de marcaje diferentes o iguales por cada individuo. La combinación de marcajes más utilizada fue la del transmisor acústico con un marcaje tradicional de anclaje externo.

Del total de las aplicaciones de transmisor acústico que se registraron, el 32,5% (n = 65) de las veces se uso en combinación con otro marcaje los cuales fueron principalmente marcajes tradicionales de anclaje externo (28,5%, n = 57), a excepción de cuatro procedimientos en los que el transmisor acústico se combinó con un marcaje satelital, dos procedimientos en los que se combinó con un marcaje DST y dos procedimientos en los que se combinó con otro transmisor acústico.

En el caso del marcaje tradicional de anclaje externo, el 60% (n = 123) de las veces que se utilizó, se aplicó como único marcaje y el porcentaje restante fue principalmente asociado a transmisor acústico, a excepción de diez procedimientos en los que se asocio con un marcaje PIT, cuatro procedimientos en los que se combinó con un marcaje satelital y cuatro procedimientos en los que se aplicó doble marcaje tradicional de anclaje externo.

En el caso del implante de elastómero visible, mediante el diseño experimental del estudio se pudo deducir que el autor utilizó más de un color o ubicación de elastómero en un mismo individuo, pero, en pocas ocasiones se informó específicamente la cantidad de elastómeros aplicados por pez, generando un sesgo en el número de marcas aplicadas por individuo y un vacío en el bienestar animal ya que se describen diferentes efectos negativos asociados al marcaje en base a la cantidad de elastómeros aplicados por pez.

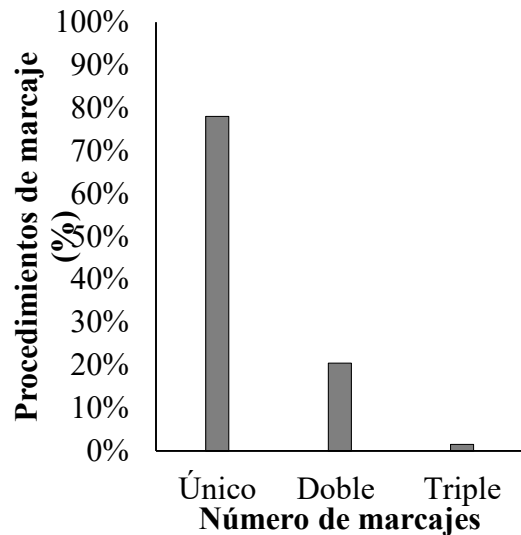


Figura 13. Cantidad de dispositivos de marcaje (único, doble o triple) aplicados por individuo, en el total de procedimientos de marcaje en peces de ambientes marinos en publicaciones del año 2018, 2019 y 2020 (n = 495).

En el caso del marcaje PIT, el 20% (n = 13) de las veces utilizado se combinó con otros dispositivos de marcaje, principalmente marcajes tradicionales de anclaje externo y marcaje de elastómero. En el caso del marcaje satelital, el 36% (n = 13) de las veces se utilizó en combinación con otros marcajes. De estos, cuatro procedimientos de marcaje utilizaron el marcaje satelital en combinación con marcajes tradicionales de anclaje externo, dos procedimientos aplicaron doble marcaje satelital por individuo y cinco procedimientos combinaron el marcaje satelital con un transmisor acústico.

El marcaje DST se aplicó como un único dispositivo de marcaje en el 42% (n = 8) de los procedimientos y se aplicó en conjunto con otro dispositivo de marcaje en igual proporción (42%). Se aplicó el marcaje DST en conjunto con un marcaje tradicional de anclaje en cuatro procedimientos de marcaje, en dos procedimientos se combinó con un transmisor acústico y en otros dos procedimientos se combinó con otro marcaje DST. Además, existió un 16% (n = 3) de procedimientos que aplicaron el marcaje DST en combinación con otros dos marcajes, los cuales fueron en un caso dos marcajes DST y un marcaje tradicional de anclaje externo por individuo y en otro caso un marcaje DST, un marcaje PIT y un marcaje tradicional de anclaje externo por individuo.

Finalmente, en el total de procedimiento revisados, hubo un pequeño porcentaje (1,5%, n = 7) de autores que realizaron procedimientos de marcaje con tres o más de tres marcajes por individuo, los cuales correspondieron en un 50% de los casos a tres marcajes tradicionales como el elastómero o el marcaje tradicional de anclaje externo aplicados sobre un mismo individuo y en el otro 50% de los casos se utilizó dos marcajes electrónicos (transmisor acústico, DST y PIT) en combinación con un marcaje tradicional de anclaje externo. Sin embargo, dada la escasa notificación observada para el uso del implante de elastómero visible, este porcentaje podría estar subestimado.

Posición del marcaje respecto al individuo marcado

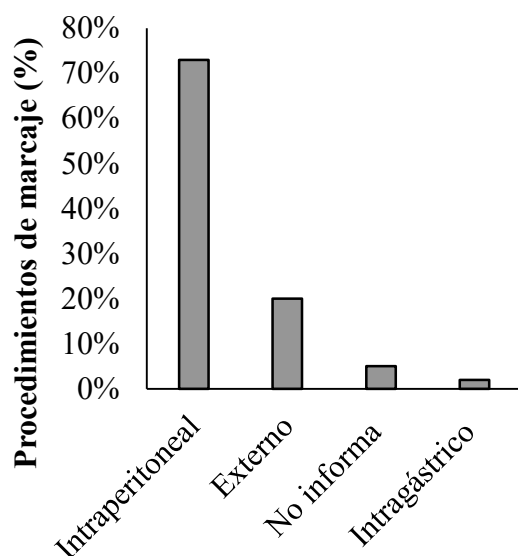
En cuanto a la posición el marcaje respecto al individuo se registró si este se acopló al pez de forma externa, subcutánea, intragástrica, intraperitoneal, intramuscular o de forma interna para

los casos en los que no se especificó si era intramuscular, intraperitoneal o en alguna otra posición interna.

Por ejemplo, para el caso del transmisor acústico, el 73% (n = 146) de las veces que se utilizó este marcaje se aplicó de forma intraperitoneal a través de una incisión quirúrgica y posterior sutura de la incisión. Por otra parte, el 19% (n = 38) de los procedimientos que utilizaron transmisor acústico lo acoplaron al pez de forma externa, diez estudios no indicaron la posición del marcaje respecto al pez y solo cuatro estudios utilizaron el transmisor acústico de forma intragástrica, para el estudio de especies como *Paralabrax clathratus*, *Albula vulpes* y *Albula glossodonta* (Figura 14).

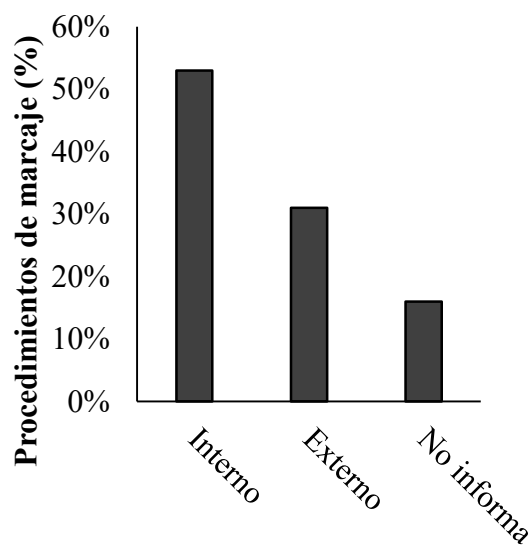
En el caso del marcaje PIT, este se acopló al pez de forma interna casi en el 100% de los procedimientos, sin embargo, solo se pudo registrar que el marcaje se aplicó de forma interna y no externa, pues no fue común que las publicaciones especificaran si el marcaje se aplicó de forma subcutánea, intramuscular o intraperitoneal. El marcaje satelital, dadas sus características, se aplicó de forma externa en todos los procedimientos de marcaje revisados.

Por otra parte, el marcaje DST se aplicó de forma interna en el 52,6% (n = 10) de los procedimientos de marcaje en los que fue utilizado, principalmente para la obtención de datos como temperatura interna, aceleración, actividad alimentaria y frecuencia cardíaca. Al contrario, el 31,6% (n = 6) de los procedimientos de marcaje utilizaron el marcaje DST de forma externa, a modo de obtener información referente a la aceleración, profundidad, T° agua, velocidad, entre otros y finalmente, el 16% (n = 3) de los procedimientos de marcaje no informaron la posición del marcaje DST respecto al pez (Figura 15).



Posición del transmisor acústico

Figura 14. Posición del transmisor acústico respecto al pez en el total de procedimientos de marcaje con transmisor acústico publicados durante el año 2018, 2019 y 2020 (n = 200).



Posición del marcaje DST

Figura 15. Posición del marcaje DST respecto al pez en el total de procedimientos de marcaje con DST publicados durante el año 2018, 2019 y 2020 (n = 19).

Implementación de fármacos en el protocolo de marcaje

Se consideró como fármaco una sustancia química artificial o natural aplicada a los individuos (directa o indirectamente) para curar o prevenir enfermedades, reducir sus efectos sobre el organismo o aliviar dolor físico. Los mecanismos de desinfección como la utilización de alcohol, povidona yodada u otros desinfectantes no están incluidos para estos efectos.

El 76% (n = 377) de los procedimientos de marcaje realizados no aplicaron, o bien no mencionaron, la utilización de algún fármaco anestésico o antibiótico administrado por cualquier vía farmacológica (baño de inmersión, vía oral, intramuscular, intraperitoneal, tópica, etc) en el procedimiento de marcado, ya sea en el momento anterior, durante o después del marcaje (83,2% (n = 124), 74,3% (n = 153) y 71,4% (n = 100) para el año 2018, 2019 y 2020 respectivamente).

Por otra parte, se destaca que un quinto de los estudios revisados (20,4%) aplicó un método anestésico para inmovilizar, manipular y marcar al pez (n = 101). Además, se puede observar una tendencia al aumento en el uso de fármacos anestésicos en los tres años revisados (de un 13,4% (n = 20) en publicaciones del año 2018 a 24,3% (n = 34) de utilización en publicaciones del año 2020) (Figura 16).

Adicionalmente, solo el 2,8% (n = 14) de los procedimientos de marcaje revisados mencionó la aplicación de fármacos antibióticos de uso profiláctico, principalmente oxitetraciclina vía tópica o intraperitoneal. Finalmente, solo tres publicaciones revisadas (0,6%) mencionaron la utilización de fármacos anestésicos y antibióticos en el procedimiento de marcado.

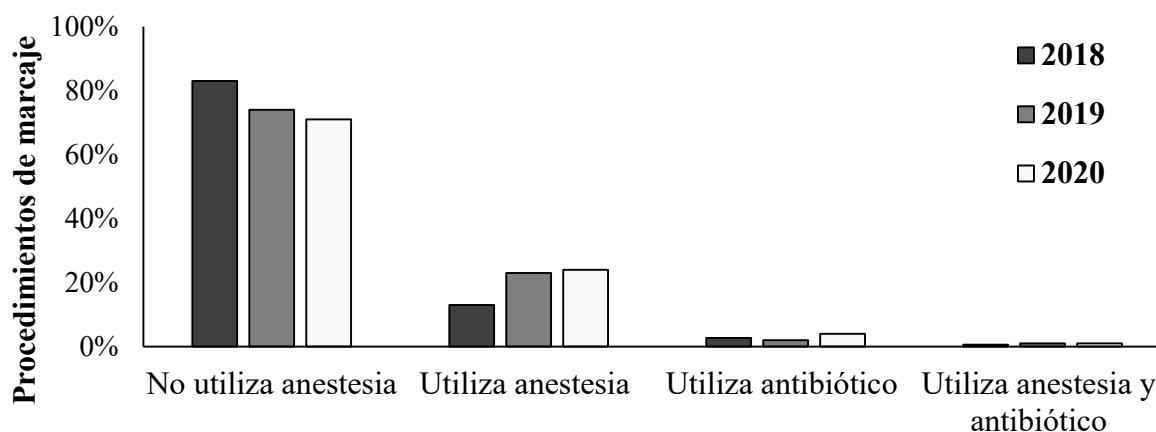


Figura 16. Utilización de apoyo farmacológico en procedimientos de marcaje de peces de ambientes marinos publicados en el año 2018, 2019 y 2020 en base al total de procedimientos de marcaje realizados por año (2018 n = 149, 2019 n = 206, 2020 n = 140).

En el caso de los fármacos anestésicos, estos se aplicaron en todos los casos vía baño de inmersión. El 52% (n = 52) de los procedimientos que utilizaron un fármaco anestésico emplearon metanosulfonato de tricaina (MS-222) generalmente aplicada en conjunto con una solución buffer (HCO₃) y en una dosis aproximada de 50-100 mg/L. El segundo compuesto activo más empleado corresponde al eugenol (26%, n = 26) en diferentes formatos comerciales y en tercer lugar se utilizó Benzocaína (8%, n=8). Se utilizaron en menor proporción compuestos como la quinaldina, fenoxietanol, oxietanol, entre otros (menor a 12%), y, finalmente, hubo un

pequeño porcentaje de procedimientos que no indicaron el fármaco anestésico que emplearon (3%, n = 3) (Figura 17).

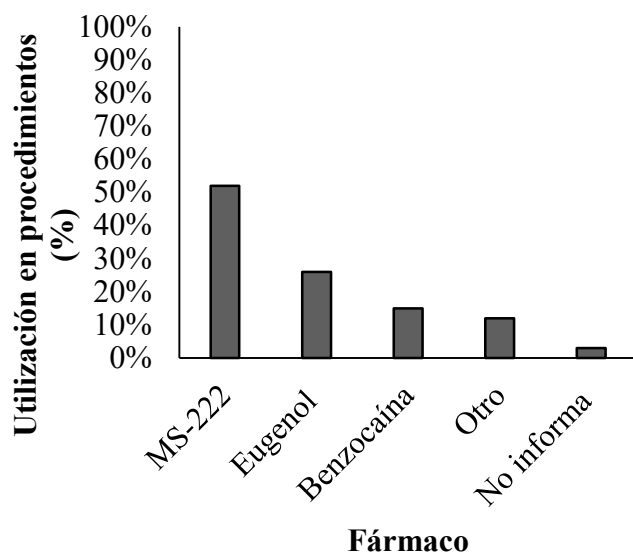


Figura 17. Frecuencia de utilización de cada fármaco anestésico empleado en procedimientos de marcaje en peces de ecosistemas marinos publicados entre los años 2018-2020 (n = 101).

Tabla 5. Porcentaje de utilización de fármacos por tipo de marcaje aplicado.

Marcaje	No utiliza fármaco	Aplica anestésico	Aplica antibiótico	Aplica anestésico/ antibiótico
Marcaje tradicional de anclaje externo	84%	12%	3%	1%
Transmisor acústico	71%	23%	5%	1%
Marcaje VIE	70%	30%	0%	0%
Marcaje PIT	59%	39%	0%	1,5%
Marcajes satelitales	98%	0%	3%	0%
Marcaje DST	63%	37%	0%	0%
Otros marcajes tradicionales	44,5%	44,5%	0%	11%
Marcaje CWT	100%	0%	0%	0%

Adicionalmente, se obtuvieron resultados del uso de fármacos anestésicos en la aplicación de cada tipo de marcaje (Tabla 5). El dispositivo de marcaje que más frecuentemente se aplicó en

conjunto con un fármaco anestésico fue el grupo experimental de otros marcajes tradicionales (n = 4), seguido del marcaje PIT (n = 25), el marcaje DST (n = 7). Los marcajes satelitales y el marcaje CWT no fueron aplicados en ningún caso con apoyo farmacológico anestésico.

En el caso del transmisor acústico, este se aplicó en conjunto con un fármaco anestésico únicamente el 23% (n = 46) de los procedimientos de marcado. Sin embargo, para este marcaje, se registró el uso de fármaco antibiótico más alto entre los otros marcajes (5%, n = 10).

Especies y familias marcadas

Los procedimientos de marcaje revisados aplicaron técnicas de marcaje en 231 especies de peces diferentes, comprendidas en 69 familias taxonómicas distintas (Figura 18). De un total de 495 procedimientos de marcaje registrados en el año 2018, 2019 y 2020, la mayor cantidad de estudios se centró en especies de la familia Carcharhinidae (15%, n = 74), Serranidae (12%, n = 58) y Lutjanidae (6%, n = 31).

La especie más marcada correspondió al bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*) la cual fue marcada en 13 procedimientos de marcaje diferentes, correspondiente al 2,6% del total de procedimientos de marcado revisados. El macabí (*Albula vulpes*), el tiburón de punta negra (*Carcharhinus melanopterus*), el pargo rojo (*Lutjanus campechanus*) y el tiburón martillo común (*Sphyrna lewini*) fueron las segundas especies más marcadas (1,8%, n = 9), seguidas del pez ballesta (*Balistes capriscus*), el serrano estriado (*Centropristis striata*), el mero estriado (*Epinephelus striatus*), el tiburón nodriza (*Ginglymostoma cirratum*) y la corvina roja (*Sciaenops ocellatus*) (1,6%, n = 8).

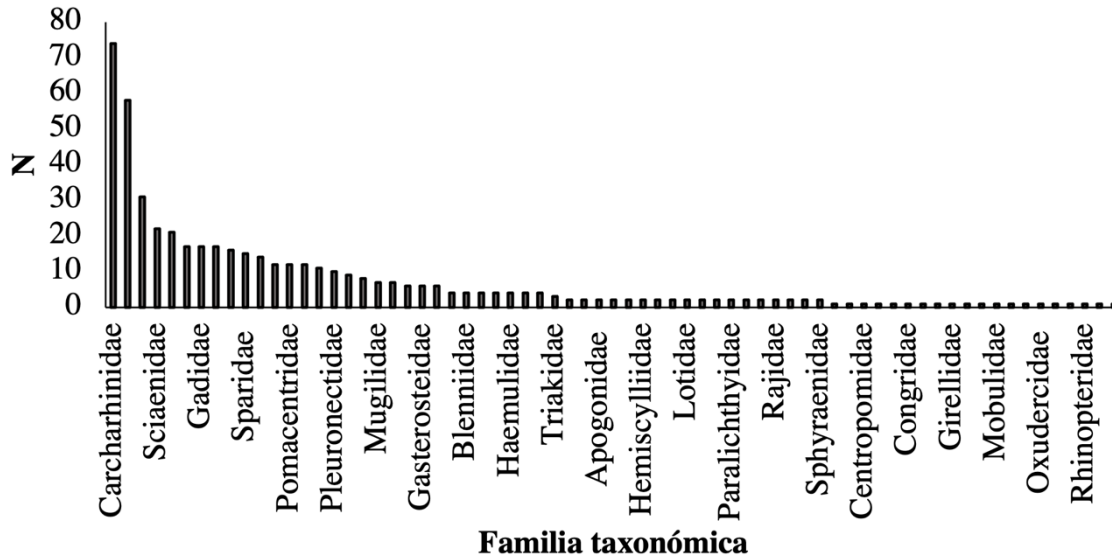


Figura 18. Número de procedimientos de marcaje realizados en publicaciones de los años 2018-2020 según la familia taxonómica a la que pertenece la especie en estudio (n = 495). No se graficó la totalidad de las familias marcadas.

Ambientes marinos habitados por las especies marcadas

Se evidenció notoriamente que la mayoría de las especies sometidas a procedimientos de marcaje corresponden a especies que habitan ambientes cercanos a la costa (72%, n = 358), siendo estos principalmente arrecifes de coral, rocosos o de algas pardas, arrecifes profundos o estuarios (Figura 19).

Por otra parte, el 13% (n = 65) de los estudios marcó especies de peces que habitan aguas de ambientes costeros y aguas dulces en aguas de orígenes continentales, como lo son, por ejemplo, las especies de peces diadromos que realizan migraciones reproductivas entre estos ambientes o bien otros organismos eurihalinos utilizados ampliamente en investigaciones en laboratorio dada su resistencia y adaptabilidad al medio en cautiverio.

Luego, solo un 9% (n = 43) del total de las especies marcadas corresponden a especies que habitan tanto ambientes costeros como ambientes sobre la plataforma oceánica, los cuales generalmente tienen amplios rangos de movimiento pues realizan extensas migraciones, suponiendo diferentes desafíos para el marcaje de captura y recaptura, por ejemplo.

Adicionalmente, solo un 4% (n = 20) de las especies de peces marcados utilizan exclusivamente ambientes sobre la plataforma oceánica, principalmente arrecifes profundos. Este grupo de peces fue marcado el 75% (n = 15) de las veces con marcajes electrónicos como transmisores acústicos y marcajes satelitales, permitiendo así la obtención de datos en ambientes remotos.

Finalmente, solo un 2% (n = 9) de las especies marcadas utilizan ambientes oceánicos, costeros y continentales, los cuales fueron en el 100% de los casos peces de la familia Salmonidae.

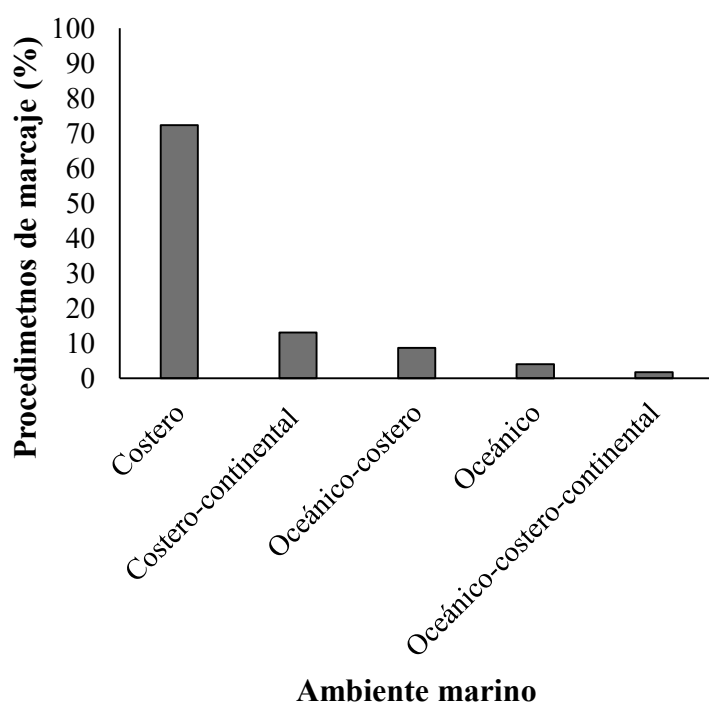


Figura 19. Procedimientos de marcaje realizados en publicaciones de los años 2018-2020 según el ambiente que habitan las especies marcadas, expresado en porcentaje (n = 495).

Ubicación geográfica de los estudios de marcado

En cuanto al país en el cual se llevaron a cabo los estudios de marcado, se evidenció un importante sesgo regional hacia América del Norte dado que el 60% (n = 296) de los estudios revisados fue realizado en dicho continente, principalmente Estados Unidos, país en el cual se llevaron a cabo el 47% de los procedimientos de marcaje realizados, seguido de Las Bahamas (3,3%, n = 16) y Canadá (2%, n = 10) (Figura 20).

La región de Oceanía contuvo el 17% (n = 86) de los estudios de marcaje revisados, principalmente en Australia (11,5%, n = 57), la Polinesia Francesa (2,6%, n = 13) y Papúa Nueva Guinea (1,2%, n = 6). En tercer lugar, para el continente de Europa se registraron 62 procedimientos de marcaje, correspondientes al 12,5% del total de procedimientos de marcaje revisados, realizados principalmente en Noruega (3,6%, n = 19), el Reino Unido (2,2% n = 11) y Francia (1,2%, n = 6).

Los estudios realizados en las costas africanas constituyeron el 5% (n = 25) de los estudios revisados, llevados a cabo principalmente en Sudáfrica (4%, n = 20). Por otra parte, los estudios realizados en Asia fueron el 4% (n = 20) de los estudios revisados, principalmente en Japón (2%, n = 10). Finalmente, Sudamérica contuvo el 1% (n = 5) de los estudios revisados, de los cuales dos procedimientos de marcaje se realizaron en Chile (ecorregión Rapa Nui), un procedimiento se realizó en Argentina, otro en Ecuador y otro procedimiento de marcaje en Brasil.

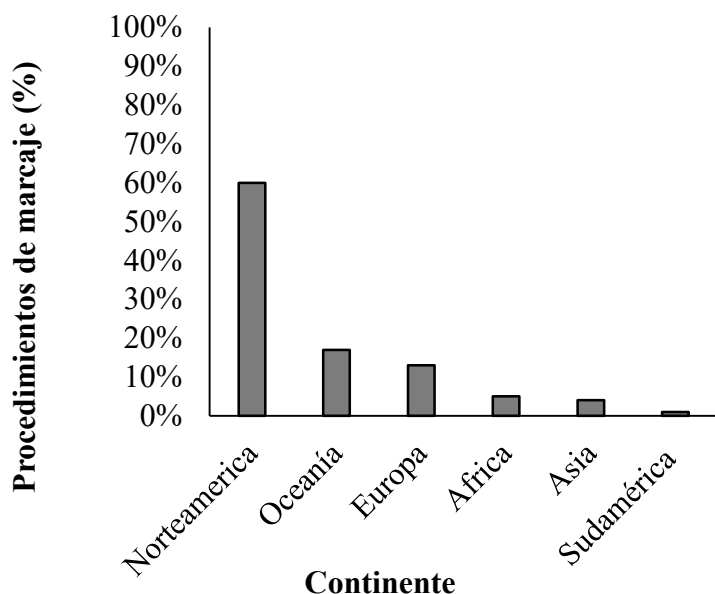


Figura 20. Procedimientos de marcaje realizados en publicaciones de los años 2018-2020 por continente, en base al sitio de estudio donde se realizó el marcaje de los individuos, expresado en porcentaje (n = 495).

Adicionalmente, del total de procedimientos de marcaje revisados, el 40% (n = 198) realizó estudios en áreas marinas protegidas bajo alguna figura de protección como Parques Nacionales, Reserva de la Biosfera, AMP, entre otros, en muchos casos para la evaluación de la eficacia de estas áreas, y el estudio de la ecología espacial o demográfica de especies de importancia económica o ecológica que habitan estas áreas.

Por otra parte, en cuanto al lugar físico, laboratorio o campo, donde se realizaron los procedimientos de marcaje, se evidenció que el 82% (n = 500) de los marcajes fueron aplicados en condiciones de campo y el porcentaje restante en condiciones de laboratorio. En el caso del grupo de otros marcajes tradicionales, estos se emplearon únicamente en condiciones de laboratorio. El implante de elastómero visible igualmente se aplicó en mayor proporción en condiciones de laboratorio (74%, n = 55). Por otra parte, el marcaje PIT fue aplicado en condiciones de laboratorio en el 40% (n = 26) de los procedimientos de marcaje.

El marcaje CWT (100%), el transmisor acústico (99,5%, n = 199), los marcajes satelitales (97%, n = 35), los marcajes tradicionales de anclaje externo (93%, n = 192) y el marcaje DST (85%, n = 14) fueron aplicados en gran medida en estudios realizados directamente situación de campo, en la cual las especies fueron liberadas al medio de donde fueron capturadas y no existió cautiverio de individuos marcados (Figura 21).

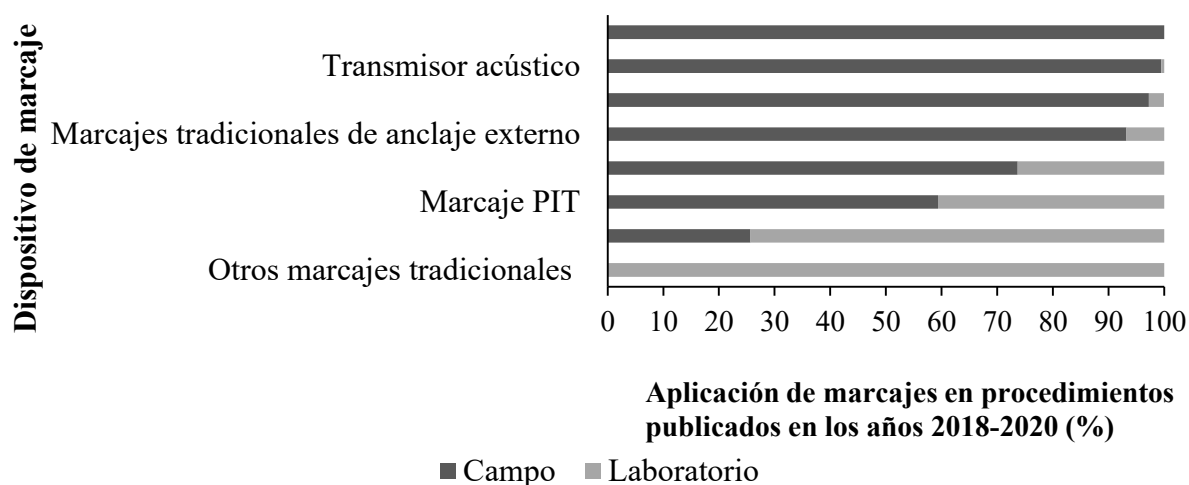


Figura 21. Aplicación de marcajes en situación de campo o laboratorio por tipo de marcaje utilizado en publicaciones de los años 2018—2020, en base al total de marcajes aplicados por tipo de marcaje (marcaje CWT n = 3, transmisor acústico n = 200, marcajes satelitales n = 36, marcajes tradicionales de anclaje externo n = 206, marcaje DST n = 19, marcaje PIT n = 64, implante de elastómero n = 74, otros marcajes tradicionales n = 9).

Objetivos de los estudios de mercado

Se consideraron siete categorías que englobaron el total de objetivos encontrados y se registró para cada procedimiento de marcaje cual o cuales fueron los objetivos de llevar a cabo cada estudio (Figura 22). Cuando corresponda, los estudios pueden haber abordado más de un objetivo.

Se evidenció que el 53% (n = 262) de los estudios de marcaje propusieron objetivos relacionados con la conectividad y el desplazamiento de las especies, como, por ejemplo, la evaluación de distancias recorridas, migraciones, ecología espacial del movimiento, comparar la conectividad entre diferentes poblaciones o hábitats, estudiar la superposición espacial, entre otros objetivos de estudio. El dispositivo de marcaje que se utilizó con mayor frecuencia para abordar objetivos de este tipo fue el transmisor acústico, seguido en menor medida por los marcajes tradicionales de anclaje externo y los marcajes satelitales en tercer lugar. Por el contrario, el implante de elastómero visible, el marcaje DST y el grupo experimental de otros marcajes tradicionales tuvieron por si solos una nula aplicación para la obtención de datos relacionados con la conectividad y desplazamiento de los individuos (Figura 23).

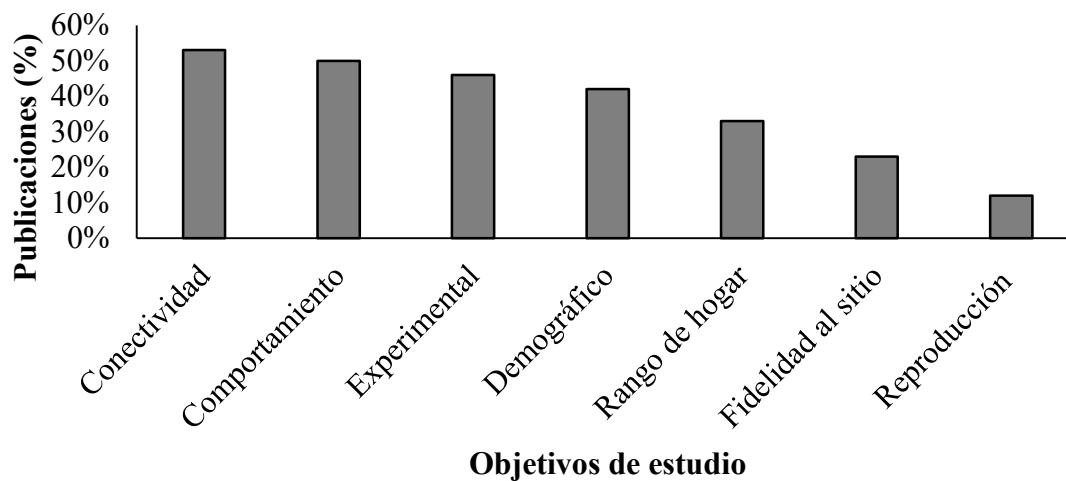


Figura 22. Número de publicaciones según los objetivos de estudio de cada publicación de marcaje en peces de ambientes marinos realizada en los años 2018-2020, expresado en porcentaje (n = 495).

Por otra parte, el 50% (n = 251) de los estudios de marcaje abordaron objetivos relacionados con el comportamiento y la actividad de los peces asociada a patrones de actividad diaria, posición del pez en la columna de agua, comportamiento de buceo, comportamiento de forrajeo, interacciones territoriales, ecología del comportamiento, profundidad de nado, preferencias de hábitat o de dieta, entre otros objetivos de estudio. El transmisor acústico fue el dispositivo de marcaje más utilizado para la obtención de este tipo de datos, seguido de los marcajes tradicionales de anclaje externo, los marcajes satelitales, el implante de elastómero visible y el marcaje DST.

También, los marcajes se utilizaron en un 46% (n = 226) de los estudios para obtener datos relacionados con la fisiología de los individuos y los efectos de factores externos experimentales, para los cuales se requiere la identificación individual de cada individuo y generalmente ocurrieron en condiciones de laboratorio. Por ejemplo, tasas de cambio de color en exposición a diferentes temperaturas, capacidad de aclimatación, efectos del micro plástico en la dieta, aplicación experimental de nuevos marcajes, tecnologías, métodos, entre otros. En este caso, el marcaje más frecuentemente aplicado fueron los marcajes tradicionales de anclaje externo y en segundo lugar el implante de elastómero visible. También se aplicó frecuentemente el transmisor acústico, marcaje DST, marcaje PIT y el grupo de otros marcajes tradicionales. Al contrario de los marcajes satelitales y el marcaje CWT los cuales no fueron aplicados para dichos objetivos de estudio.

Adicionalmente, el 42% (n = 207) de los estudios de marcaje evaluaron características demográficas tales como la abundancia, tasas de crecimiento, tasas de mortalidad, estructura de tallas o estructura de sexo de la población, entre otros objetivos de estudio. Estos fueron llevados a cabo principalmente por el uso de marcajes tradicionales de anclaje externo, seguido del transmisor acústico y el marcaje PIT. Por el contrario, el grupo experimental de otros marcajes tradicionales, el marcaje DST y los marcajes satelitales no fueron aplicados para obtener este tipo de datos poblacionales.

Por otra parte, el rango de hogar y la fidelidad al sitio también fueron objetivos comúnmente abordados en los estudios de marcaje (33%, n = 165 y 23%, n = 115, respectivamente).

Principalmente, se llevaron a cabo mediante la utilización del transmisor acústico (sobre 70%) y en segundo lugar con la utilización de marcajes como el marcaje PIT, los marcajes tradicionales de anclaje externo y los marcajes satelitales. Por el contrario, el marcaje DST, el marcaje CWT, el implante de elastómero visible y el grupo experimental de otros marcajes tradicionales no fueron empleados para la obtención de este tipo de patrones de movimiento.

Adicionalmente, el 12% (n = 59) de los estudios evaluaron características relacionadas con la reproducción, como por ejemplo migraciones reproductivas, número de visitas a nidos, identificación de sitios de importancia reproductiva como sitios de agregación, tiempo de residencia en sitios de agregación o en nidos, actividad reproductiva, entre otros objetivos de estudio. Estos objetivos fueron llevados a cabo principalmente por la aplicación de transmisores acústicos, y marcaje PIT en segundo lugar. También fue común la aplicación del implante de elastómero visible y marcajes tradicionales de anclaje externo, a diferencia del marcaje CWT, marcaje DST, marcaje satelital y el grupo experimental de otros marcajes tradicionales los cuales no fueron aplicados para la obtención de información relacionada con patrones de movimiento reproductivos.

Finalmente, se consideró que todos los estudios que llevaron a cabo procedimientos de marcaje en peces de ambientes marinos contribuyeron de alguna forma a la conservación de las especies estudiadas. Ya sea mediante la obtención de nuevos conocimientos respecto a la descripción de patrones de movimiento, la interacción entre poblaciones y recursos, el estudio de los efectos de actividades antropogénicas, o bien la evaluación de la efectividad de medidas de protección y extracción de recursos, entre otras colaboraciones.

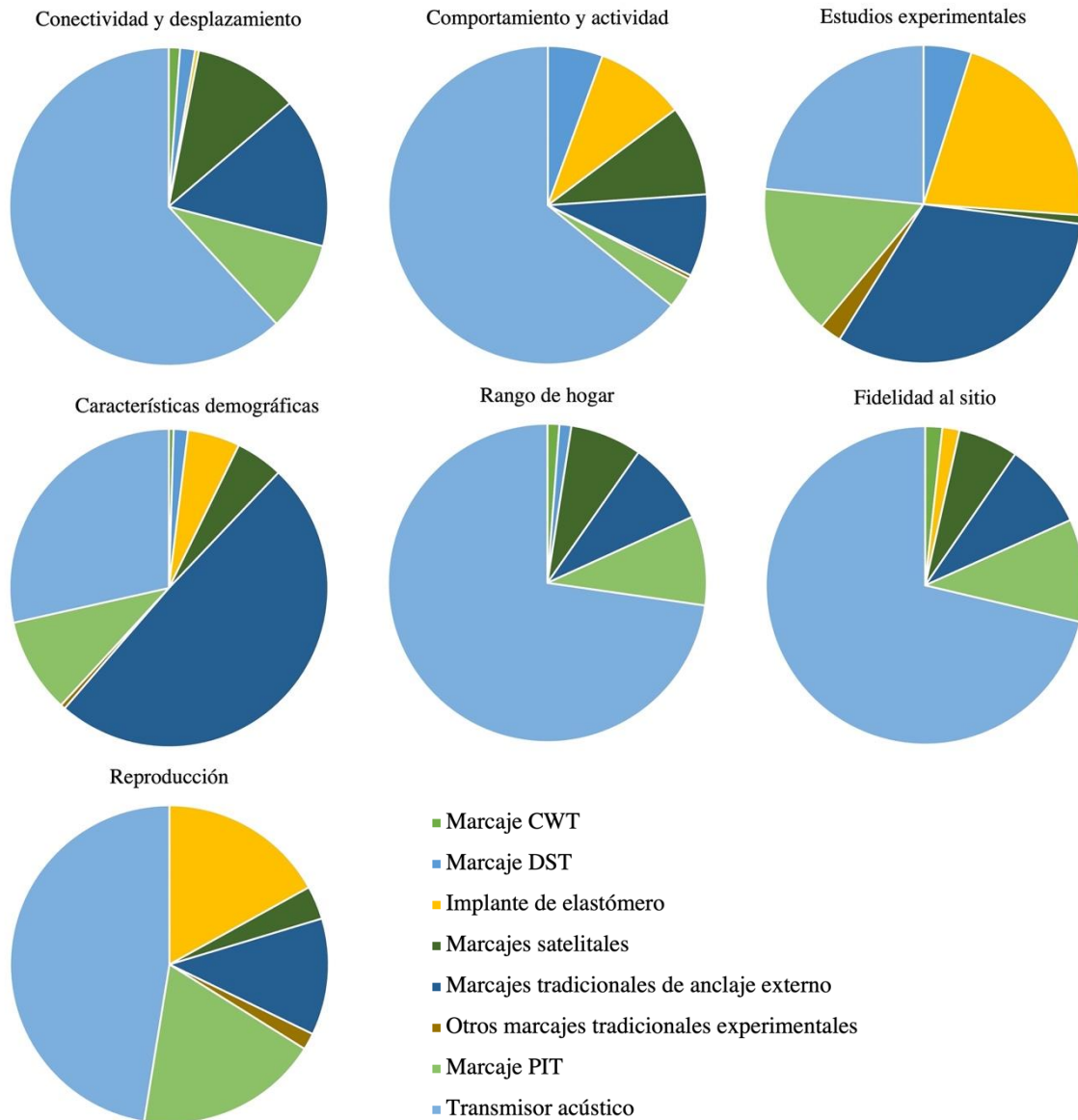


Figura 23. Utilización de cada tipo de marcaje para las distintas categorías de objetivos de estudio generadas de publicaciones de marcaje en peces de ambientes marinos realizadas en los años 2018-2020.

Resultados objetivo específico N°3: “Proponer un protocolo de marcaje mixto para un pez común que habita los arrecifes chilenos, permitiendo optimizar la utilización de esta herramienta considerando el bienestar animal”.

Especie costera objetivo: La jerguilla (*Aplodactylus punctatus*)

Los arrecifes rocosos templados de la costa chilena son dominados por grandes macroalgas pardas (*Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*), las cuales, según su composición y cobertura, afectan fuertemente la diversidad y distribución de los peces de arrecife mediante la disponibilidad de microhábitats (Pérez-Matus *et al.*, 2017b). Existe una alta biodiversidad de especies que habitan los arrecifes rocosos chilenos, y dada su abundancia, frecuencia de avistamiento e importancia en la pesca submarina, comercial y recreativa (Godoy *et al.*, 2010), se destacan especies como la jerguilla (*Aplodactylus punctatus*), el bilagay (*Cheilodactylus variegatus*), el rollizo (*Pinguipes chilensis*) y el baunco (*Girella laevis*) (Pérez-Matus *et al.*, 2017a). Lamentablemente, se evidencian resultados de agotamiento y disminución en términos de abundancia y longitud corporal total, en diversas especies emblemáticas de peces de arrecife que son objetivo de la pesca submarina (Godoy *et al.*, 2010), describiéndose una situación similar en ecosistemas de arrecifes de coral del mar Caribe (Pittman *et al.*, 2014).

Aplodactylus punctatus es un pez de roca perteneciente a la familia Aplodactylidae endémica de la corriente de Humboldt. Habita aguas templadas cálidas de la costa oeste de América del Sur, desde Callao, Perú hasta Talcahuano, Chile y se reporta como una de las especies más abundantes en la costa de Chile central (Russell, 2000; Pérez-Matus *et al.*, 2007). Es una especie herbívora de cuerpo alargado que se encuentra estrechamente asociada a los bosques de macroalgas pardas favoreciendo su dispersión, sin embargo, se reconoce una falta de información biológica básica y de los patrones de movimientos de esta especie (Russell, 2000; Pérez-Matus *et al.*, 2017b; Ojeda & Cáceres, 1995).

Prácticas de manejo generales para el marcaje de peces marinos

El privilegio de utilizar animales en la investigación debe ir acompañado de la obligación de minimizar su dolor y angustia (Mulcahy, 2013). Se deben aplicar todo tipo de medidas que permitan reducir la disminución en el bienestar animal y realizar un procedimiento de marcaje

eficiente (Cooke *et al.*, 2011b). Es importante considerar que cualquier manipulación y procedimiento quirúrgico en el pez tiene el potencial de dañar la salud, generar estrés biológico significativo como la disminución de la tasa de crecimiento, introducir infecciones, alterar el comportamiento, causar desequilibrios fisiológicos e incluso provocar la muerte (McFarlane *et al.*, 1990; Frederick, 1997; Hoey & McCormick, 2006; Cooke *et al.*, 2011b).

Un ambiente de marcaje adecuado y cómodo debe considerar el completo manejo de los individuos, ya sea la manipulación del pez, la aclimatación e inmersión en solución anestésica, el posicionamiento para el marcaje y mediciones morfométricas, el apoyo ventilatorio con flujo de agua continuo, el tiempo en superficie y fuera del agua y una adecuada recuperación, además del uso de implementos para el registro de los datos y seguimiento de pautas (Mulcahy, 2013).

Además, se recomienda no realizar procedimientos de marcaje en aguas inusualmente cálidas o temperaturas cercanas a la tolerancia térmica subletal superior de la especie (Cooke *et al.*, 2011b) y manipular y marcar peces en condiciones óptimas de salud (Ayala, 2020).

Primeramente, el método de captura debe ser lo menos invasivo posible, evitando traumas asociados (heridas, pérdida de escamas, hematomas, barotrauma). Se recomienda evitar marcar peces que sufran algún signo de barotrauma (exoftalmia, distención celómica, burbujas subcutáneas, eversión del estómago, prolapso anal, protrusión de los intestinos a través del ano) pues se puede generar discapacidad visual, ruptura de la vejiga natatoria, alterar la flotabilidad y capacidad natatoria, generar vulnerabilidad a la depredación y muerte (Ayala, 2020; Rudershausen *et al.*, 2017).

Los peces se deben manipular en todo momento con guantes quirúrgicos y los implementos o superficies a utilizar deben estar desinfectados. Se deben proteger los ojos y branquias y se deben evitar los cambios de temperatura, golpes, saltos, o liberaciones bruscas. Se debe evitar exponer a los peces al sol y manipularlos innecesariamente.

Por otra parte, la infección y la inflamación en los individuos marcados causadas por técnicas quirúrgicas inadecuadas producen dolor y angustia innecesarios en el individuo por lo que se deben tomar las consideraciones necesarias para evitarlo (Mulcahy, 2013; Cooke *et al.*, 2011b). Se debe realizar una adecuada técnica estéril, que considere un set de instrumentos quirúrgicos

estériles por cada animal, la esterilización de los marcajes mediante oxido de etileno o esterilización química (Mulcahy, 2013) y la utilización de materiales estériles (guantes quirúrgicos, suturas).

Se recomienda realizar pruebas de marcaje en laboratorio previas al experimento en campo que permitan evaluar la sensibilidad al fármaco anestésico de cada especie, la supervivencia posterior al procedimiento de marcado, retención de los dispositivos de marcaje, curación de las heridas traumáticas generadas, capacidad natatoria, entre otros parámetros (Cooke *et al.*, 2013; Thorstad *et al.*, 2011; Pine, 2003).

Protocolo de marcaje para un pez de arrecife con transmisor acústico y marcaje tradicional de anclaje externo.

Se elaboró un protocolo específico para el marcaje intraperitoneal con transmisor acústico modelo V9-1x marca Vemco (InnovaSea Marine Systems Canada) (9 mm de diámetro, 24 mm de largo, 3,6 gr en aire y 2 gr en agua) y un marcaje tradicional externo T-bar (modelo TBA de 6 cm) para individuos de la especie *Aplodactylus punctatus* mayores a 30 cm LT y capturados a profundidades no mayores a 18 metros. Este protocolo no utiliza cambios de temperatura y no considera el transporte o la mantención de peces en instalaciones de cautiverio.

Se recomienda realizar los procedimientos de a dos personas y que una tercera persona lleve la cuenta del tiempo y el registro de los datos. Se recomienda utilizar cronómetro y pautas de supervisión en el Anexo 1.

- Materiales, esterilización y desinfección

Se debe contar, para cada individuo a marcar, con un set estéril de material quirúrgico de acero inoxidable compuesto por tijeras, porta agujas, pinzas diente de ratón pequeñas y sonda acanalada. Este material se debe esterilizar dentro de una caja de material quirúrgico en un horno esterilizador de calor seco a 250 grados por 25 minutos (Mulcahy, 2013).

Adicionalmente, se debe contar con paños de campo estériles, alcohol isopropilico al 70% en atomizador para desinfectar el campo quirúrgico entre peces y otros elementos contaminados,

guantes quirúrgicos sin polvo estériles, povidona yodada al 10% y gasas estériles, bisturís N°11 (estéril y desechable) y sutura estéril absorbible de monofilamento 4/0 (Cooke *et al.*, 2011b; Mulcahy, 2013).

Los dispositivos de marcaje electrónicos y tradicionales deben ser sometidos al proceso de esterilización con oxido de etileno, disponiéndolos limpios en una doble bolsa plástica sellada con indicador de esterilidad. El aplicador de marcaje T-bar y las agujas para la inserción del marcaje pueden ser esterilizadas mediante este método igualmente (Mulcahy, 2013).

Por otra parte, se debe contar con un tanque de aclimatación o una red a media agua, además de un taque con agua de mar sin flujo señalado como tanque para uso anestésico y un tanque con agua de mar, abundante flujo y sistema de aireación el cual será utilizado para la recuperación de los individuos marcados. Ambos tanques deben contener agua a similar temperatura que el agua de origen de los peces capturados.

También, se requiere de una mesa acondicionada con una estructura acolchonada en forma de V para el posicionamiento ventrodorsal del pez y una manguera fina con flujo de agua para la ventilación. Además, se requieren elementos como huincha, balanza, red mariposera, entre otros dependiendo de las necesidades de cada estudio.

- Procedimiento anestésico:

Posterior a la captura no letal atraumática, los peces serán dispuestos en un tanque de aclimatación o se mantendrán en una red a media agua durante al menos 20 minutos antes del procedimiento de marcaje. Posteriormente, a modo de realizar un procedimiento de marcaje con menos riesgos y reducir el estrés agudo, los peces serán dispuestos individualmente un estanque de 20 litros con 3 a 6 ml de Benzocaína 20% solución para inmersión durante 3 a 5 minutos o hasta alcanzar un nivel anestésico IV (Tabla 6) (McCord *et al.*, 2020). Los peces no deben mantenerse en el baño anestésico durante más de 8 minutos (Carter *et al.* 2011; McCord *et al.*, 2020).

Tabla 6. Estados anestésicos en peces mediante baño de inmersión anestésica (modificado de McCord *et al.*, 2020).

Categoría	Estado anestésico	Características en el pez
I	Estado normal	El pez mantiene su comportamiento, no hay efectos del fármaco anestésico aún. Nada activamente, reacciona a estímulos externos y mantiene el equilibrio normalmente.
II	Sedación leve a profunda	Se mantienen o disminuyen los movimientos natatorios, existe una ligera pérdida de respuesta a estímulos externos y ligera pérdida del equilibrio.
III	Anestesia poco profunda	Puede haber movimientos natatorios erráticos, hay ausencia a estímulos externos, existe una pérdida del equilibrio, se observan leves esfuerzos por enderezarse, disminución de la tasa respiratorio.
IV	Anestesia quirúrgica	Pérdida total del equilibrio y movimientos natatorios, pérdida de la actividad refleja y respuesta a estímulos, tasa respiratoria muy disminuida. Al apretar la aleta caudal con una pinza debería haber poca o nula respuesta refleja.
V	Colapso medular	Boqueo y cese del movimiento opercular, seguido de la sobreextensión espasmódica o ensanchamiento de los opérculos. Cuando los intervalos entre espasmos son aproximadamente de 1 minuto, se producirá el paro cardíaco y muerto.

- Procedimiento de marcaje

El pez anestesiado se dispondrá ventro-dorsalmente en la estructura en forma de V sobre el paño húmedo a la altura de la cabeza, lo que permite cubrir los ojos y branquias (Afonso *et al.*, 2008). Se debe introducir una manguera fina con abundante flujo de agua de mar dentro de la boca del pez y permitir que escurra por las branquias (Figura 24a).

Luego se procede secar con una gasa y a desinfectar con povidona yodada y gasa estéril la zona comprendida entre las aletas pélvicas y el ano. Se debe evitar el contacto con branquias y ojos. Desde aproximadamente un centímetro posterior a la cintura pélvica se debe realizar con el bisturí estéril una incisión de 1 cm (Figura 24b). La incisión debe ser lo más pequeña posible y se debe evitar retirar escamas y presionar latero-lateralmente al pez para no dañar órganos internos, se pueden utilizar las tijeras o la sonda acanalada como apoyo (Mulcahy, 2013; Cooke *et al.*, 2011b).

Posteriormente, se debe introducir el transmisor acústico hacia caudal de forma delicada y una vez insertado intraperitonealmente, se debe instilar sobre la incisión una dosis de 20 a 30 mg/kg de Oxitetraciclina 20% (Norambuena & Contreras, 2017; Isely *et al.*, 2002). Luego se procede a suturar la incisión con dos a tres puntos cirujanos simples con monofilamento absorbible 4/0 y aplicar povidona yodada nuevamente sobre la zona suturada (Figura 24c).

Finalmente, el pez debe colocarse dorsoventralmente, aún con la manguera de flujo de agua en la boca para insertar el marcaje T-bar en la musculatura dorsal cercano a la raíz de la tercera espina dorsal, posterior a la desinfección de la zona con povidona yodada. Se debe verificar que el marcaje haya quedado adecuadamente insertado (Thorstad *et al.*, 2011). Todo el procedimiento de marcaje descrito no debería superar los 6-8 minutos.

- Recuperación y liberación de los peces

Una vez terminado el procedimiento de marcaje, el pez debe disponerse en el tanque de recuperación directamente delante del flujo de agua para que esta circule por la boca y salga por las branquias favoreciendo la oxigenación y eliminación del fármaco anestésico, hasta recuperar movimientos voluntarios y equilibrio. Luego los peces pueden permanecer en el tanque de recuperación por al menos 20 minutos. Los peces recuperados que alcancen un estado de recuperación III (Tabla 7) están aptos para la liberación y deben ser descendidos lentamente a la profundidad original a la cual fueron capturados. Se recomienda realizar observación visual subacuática para observar posibles alteraciones en el comportamiento o mortalidad de los peces (Thiem *et al.*, 2010).

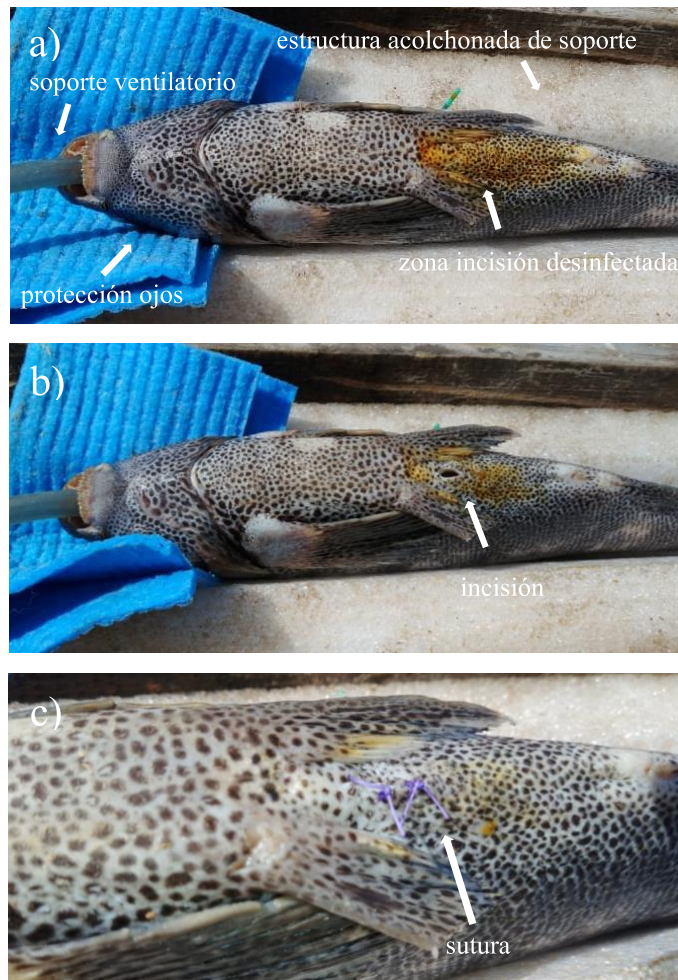


Figura 24. Esquema del posicionamiento, apoyo ventilatorio y zona de la incisión en un procedimiento de marcaje intraperitoneal con un individuo de *Aplodactylus punctatus* muerto correspondiente a una muestra de laboratorio en desuso.

Tabla 7. Recuperación anestésica en peces.

Estado de recuperación	Características
I	Aumento de la tasa respiratoria
II	Recuperación del movimiento de las aletas.
III	Recuperación del eje de nado y equilibrio.
IV	Recuperación total de respuesta a estímulos externos y reflejo de huida. Frecuencia opercular en rango.

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática da cuenta de una gran cantidad de procedimientos de marcaje ($n = 495$) sumando todos aquellos realizados en los últimos tres años (2018, 2019 y 2020). Estos se concentraron principalmente en el continente de América del Norte, con un importante porcentaje de estudios realizados en Estados Unidos (47%) y en ambientes sobre la plataforma costera (72%). Predominó el uso de marcajes tradicionales de anclaje externo (*dart tag* y *t-bar*) (33,7%) y el transmisor acústico (32,8%) implantado de forma intraperitoneal la mayoría de las veces (73%). Se evidenció también un escaso uso de apoyo farmacológico (24%) ya sea anestésico o antibiótico durante los procedimientos de marcaje. Adicionalmente, se evidenció que un grupo considerable de estudios (40%) fueron realizados en áreas marinas y costeras protegidas bajo alguna figura de protección siendo la obtención de conocimientos acerca de la conectividad, el desplazamiento, el comportamiento y actividad de los peces los principales objetivos de los estudios de marcaje revisados.

Esta información contribuye a un mayor entendimiento de la aplicación directa de estas tecnologías específicamente en peces de ambientes marinos, dado que la búsqueda bibliográfica propuesta arrojó un gran número de artículos que cumplieron los criterios de selección (271 artículos en 3 años). Sin embargo, esta búsqueda utilizó un único motor de búsqueda, Google Académico, el cual se pudiese complementar con otros motores de búsqueda más específicos en cuanto al uso de tecnologías en ambientes marinos.

En cuanto al ambiente utilizado por las especies marcadas, es posible que en los estudios encontrados haya predominado el estudio de especies de ambientes costeros dada la estrategia de búsqueda utilizada para la revisión sistemática (“*reef fish*”). Sin embargo, dado los antecedentes entregados, se postula igualmente una falta de estudios de marcaje de peces de ambientes marinos, en particular peces más pelágicos (Cooke *et al.*, 2011b; Thorstad *et al.*, 2011).

En cuanto a los dos marcajes más aplicados, a pesar del factor económico asociado en el uso del transmisor acústico (estaciones de escucha, hidrófonos, transmisores acústicos, material quirúrgico, entre otros) y la dificultad de aplicación, este marcaje fue utilizado en un porcentaje

similar a los estudios que aplicaron marcajes tradicionales de anclaje externo, los cuales son económicamente baratos y de fácil aplicabilidad. Esto indica que, a pesar de la dificultad y costo económico, el transmisor acústico se aplica ampliamente y permite la obtención de datos significativos y de valor.

Por otra parte, se ha descrito por algunos autores que la implantación quirúrgica intraperitoneal es la técnica más apropiada para retener marcajes electrónicos a largo plazo en comparación con la aplicación externa o inserción gástrica (Cooke *et al.*, 2011b; Thiem *et al.*, 2010). A pesar de que la presente revisión bibliográfica no registró el tiempo de seguimiento de los peces marcados, el transmisor acústico se implantó intraperitoneal la mayoría de las veces (73%).

Por otra parte, la presente Memoria de título no incorporó variables respuesta en relación con los efectos de los marcajes en los individuos. Sin embargo, Cooke y colegas publicaron en el año 2011 una revisión sistemática que estudió 108 artículos que se centraron explícitamente en evaluar los efectos de la implantación intracelómica de marcajes electrónicos, y solo el 13% de los estudios se realizaron en agua salada. Además, el 68% de los estudios eran realizados en laboratorio y predominó el uso de transmisores de radio en salmónidos, siendo poco representativo o extrapolable a ambientes marinos y costeros. En consecuencia, existe la necesidad de generar más información acerca de los efectos de todos los dispositivos de marcaje expuestos en este trabajo y su desempeño en especies de ambientes marinos.

Adicionalmente, se recomienda, con algunas excepciones, el uso de apoyo farmacológico anestésico independiente del procedimiento de marcaje a realizar, lo que permite manejar al pez de una forma segura, evitar accidentes y excesiva manipulación (Frederick, 1997). Además, se describe que su uso evita el estrés agudo ocasionado por la manipulación, el cual pudiese generar inmunosupresión, disminución del crecimiento y muerte (Tort *et al.* 2002). Sin embargo, los resultados de esta revisión sistemática evidencian un escaso uso de fármacos anestésicos (20,4%). Esto podría deberse en primer lugar, a la falta de información ofrecida por los estudios acerca del procedimiento de marcado. En este sentido, Thiem y colegas en el año 2010 publicaron una revisión de 247 estudios de telemetría en peces destinados a caracterizar la presentación de datos referentes al procedimiento de marcaje basado en 16 criterios predeterminados y la mayoría

de los estudios no reportaron información básica relacionada con los procedimientos quirúrgicos utilizados, por lo que es posible que los resultados de este estudio acerca de la utilización de fármacos estén subestimados. En segundo lugar, los estudios realizados en campo, los cuales predominaron en esta revisión, aplicaron fármacos anestésicos en menor proporción a los estudios llevados a cabo en laboratorio (18% vs 34,4%). Esto sugiere que en los estudios llevados a cabo en el campo en general se intenta reducir el tiempo en superficie y se generan inconvenientes para la implementación de tanques con solución anestésica y tanques de recuperación (Runde *et al.*, 2020).

Finalmente, el escaso uso de apoyo anestésico puede deberse a que, en algunos casos, en especial para individuos de la familia Carcharhinidae, no es posible sumergir al individuo en un tanque con solución anestésica por lo que el procedimiento de marcaje se realiza directamente en el agua y se utiliza la técnica de inmovilidad tónica. Por ejemplo, ninguno de los procedimientos de marcaje realizados en individuos de esta familia aplicó fármacos anestésicos.

También, esta revisión evidenció que solo un 3% de los estudios aplicó antibiótico en el procedimiento de marcado, lo cual afirma las conclusiones de Cooke *et al.*, 2011b, acerca de que los temas de esterilidad y uso de antibióticos se han abordado de manera deficiente para la cirugía de peces. Este tema debe ser abordado con mayor profundidad dado que se describe que la infección bacteriana asociada con la herida genera dolor y malestar en el animal (Mulcahy, 2013) y que pareció ser el principal mecanismo de expulsión de marcajes electrónicos implantados intraperitonealmente (Cooke *et al.*, 2011b).

Adicionalmente, el uso de fármacos antibióticos está sujeto a la disponibilidad comercial de los productos en el país y a las autorizaciones para su uso en peces las cuales suelen ser limitadas (Norambuena & Contreras, 2017; Salmon expert, 2016; Cooke *et al.*, 2011b). Esto genera un aumento en el uso extraetiqueta de los productos por lo que puede existir una omisión en mencionar la aplicación de estos fármacos (Salmon expert, 2016; Cooke *et al.*, 2011b).

La revisión realizada evidenció un gran uso (40%) de las tecnologías de marcajes en estudios situados en figuras de protección del ambiente marino, siendo consideradas como un aporte en

la conservación de las especies. Así mismo, los estudios revisados abordaron objetivos clasificados en siete categorías diferentes. Sin embargo, este estudio no contempló el uso de otras herramientas implementadas de forma complementaria en los estudios para lograr los objetivos propuestos. Es decir, no consideró de forma diferente estudios que únicamente hayan utilizado técnicas de marcaje para cumplir con los objetivos propuestos en contraste con estudios que hayan utilizado distintas técnicas entre ellas el marcaje, por ejemplo, el uso de métodos de telemetría acústica en conjunto con análisis de isotopos estables o secuenciaciones de ADN para examinar los efectos del enriquecimiento de nutrientes en el movimiento, uso de hábitat y de recursos de una especie, evaluar conectividad, entre otros (Eggenberger *et al.*, 2019; Rodde *et al.*, 2020; Sherman *et al.*, 2020).

Finalmente, si bien en la mayoría de los artículos leídos no se entregaba información acerca del personal de marcado, se describe que la mayoría de los investigadores pesqueros encuestados que realizaban implantes quirúrgicos en proyectos de telemetría sintieron que los efectos del desempeño del cirujano eran lo suficientemente grandes como para incluir al cirujano como variable en los análisis y que existe la necesidad de mejorar los procedimientos quirúrgicos para marcar con éxito los peces en el campo (Cooke y Wagner 2004). Por otra parte, se describe que los biólogos en general no se ajustan a las leyes y pautas referentes al uso de técnicas quirúrgicas asépticas y que se suele asumir que si los animales marcados sobreviven están sanos, lo que ignora el potencial de los efectos subletales como la infección, inflamación, alteración de la capacidad natatoria, capacidad de escapar de depredadores o alimentarse, costes fisiológicos o la aptitud (Cooke *et al.*, 2011b; Mulcahy, 2013).

Este trabajo responde al interés creciente en los últimos años de entregar información referente al uso de las técnicas de marcaje en peces de ambientes marinos e incorporarlo con conocimientos y técnicas de la disciplina veterinaria con un enfoque en el bienestar animal. Si bien constituye a un pequeño avance en la información disponible, este estudio abre una conexión entre ambas disciplinas, existiendo mucho espacio para futuras revisiones de literatura más específicas referentes al tema y la aplicación de técnicas de forma experimental para validar procedimientos especie específicos.

CONCLUSIÓN

El presente estudio logró entregar información actualizada sobre la implementación de técnicas de marcaje en peces de ambientes marinos. Los resultados indican que las herramientas de marcaje tienen una amplia aplicabilidad en peces de ambientes marinos y forman parte de un nicho de valor en crecimiento y desarrollo.

Además, este estudio propone un enfoque multidisciplinario en el desarrollo y aplicación de las técnicas de marcaje. Considerando que todos los procedimientos de marcado implican la manipulación de los peces y tienen un efecto en el bienestar animal de estos, se deben tomar todas las medidas necesarias para generar procedimientos eficaces, que incluyan buenas prácticas de manejo y que optimicen el uso de los marcajes. Se debe incorporar la disciplina veterinaria en esta área de trabajo y aplicarse con un enfoque en la salud individual de los peces.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDUL-RAZAK, Y.; KOMBAT, E, O.** 2018. Study on the Evaluation of a High Speed Tagging Device for Nile Tilapia Stock Assessment in the Vunania Dam in Kassena-Nankana District, Upper East Region. *Journal of Experimental Agriculture International*. 27(5): 1-8.
- ADAMS, A.; WOLFE, R.; BARKOWSKI, N.; OVERCASH, D.** 2009. Fidelity to spawning grounds by a catadromous fish, *Centropomus undecimalis*. *Marine Ecology Progress Series* 389:213-222.
- ADDIS, D.; PATTERSON, W.; DANCEA, M.; INGRAM, W.** 2013. Implications of reef fish movement from unreported artificial reef sites in the northern Gulf of Mexico. *Fisheries Research* 147:49–358.
- AFONSO, P.; FONTES, J.; HOLLAND, K, N.; SANTOS, R, S.** 2008. Social status determines behaviour and habitat usage in a temperate parrotfish: implications for marine reserve design. *Marine ecology progress series* 359: 215–227.
- AKINS, J. L.; MORRIS, J. A.; GREEN, S. J.** 2014; In situ tagging technique for fishes provides insight into growth and movement of invasive lionfish. *Ecology and Evolution* 4(19):3768–3777.
- BACHELER, N. M.; SHERTZER, K. W.; BUCKEL, J. A.; RUDERSHAUSEN, P. J.; RUNDE, B. J.** 2018. Behavior of gray triggerfish *Balistes capriscus* around baited fish traps determined from fine-scale acoustic tracking. *Marine Ecology Progress Series*. 606:133-150.
- BERGMAN, P.; HAW, F.; BLANKENSHIP, H.; BUCKLEY, R.** 1992. Perspectives on Design, Use, and Misuse of Fish Tags. *Fisheries* 17(4):20-25.
- BEUKERS, J. S.; JONES, G. P.; BUCKLEY, R. M.** 1995. Use of Implant Microtags for Studies on Populations of Small Reef Fish. *Marine Ecology Progress Series* 125:61–66.
- BLOCK, B. A.** 2011. Fish Migrations |Tracking Oceanic Fish. **In:** *Encyclopedia of Fish Physiology*. Academic Press, San Diego :1928–1936.
- BOHABOY, E. C.; GUTTRIDGE T. L.; HAMMERSCHLAG, N.; VAN ZINNICQ BERGMANN, M. P. M.; PATTERSON, W. F.** 2019. Application of three-dimensional acoustic telemetry to assess the effects of rapid recompression on reef fish discard mortality. *ICES Journal of Marine Science* 77(1):83-96.
- BOOTH, A. J.; WEYL, O.L.F.** 2008. Retention of T-bar anchor and dart tags by a wild population of African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*. *Fisheries Research* 92:333-339.
- BOUSTANY, A. M.; DAVIS, S. F.; PYLE, P.; ANDERSON, S. D.; LE BOEUF, B. J.; BLOCK, B. A.** 2002. Expanded niche for white sharks. *Nature*. 415(6867):35–36.
- BRENNAN, N. P.; LEBER, K. M.; BLACKBURN, B. R.** 2006. Use of coded-wire and visible implant elastomer tags for marine stock enhancement with juvenile red snapper *Lutjanus campechanus*. *Fisheries Research* 83:90–97.

- CALICH, H.; ESTEVANEZ, M.; HAMMERSCHLAG, N.** 2018. Overlap between highly suitable habitats and longline gear management areas reveals vulnerable and protected regions for highly migratory sharks. *Marine Ecology Progress Series* 602:183-195.
- CARTER, M.; WOODLEY, C. M.; BROWN, R. S.** 2011. A review of tricaine methanesulfonate for anesthesia of fish. *Rev Fish Biol Fisheries* 21:51–59.
- CLAISSE, J. T.; CLARK, T. B.; SCHUMACHER, B. D.; MCTEE, S. A.; BUSHNELL, M. E.; CALLAN, C. K.; LAIDLEY, C. W.; PARRISH, J. D.** 2011. Conventional tagging and acoustic telemetry of a small surgeonfish, *Zebrasoma flavescens*, in a structurally complex coral reef environment. *Environ Biol Fish* 91:185–201.
- COOKE, S. J.; WAGNER, G. N.** 2004. Training, experience, and opinions of researchers who use surgical techniques to implant telemetry devices into fish. *Fisheries* 29(12):10–18.
- COOKE, S. J.; IVERSON, S. J.; STOKESBURY, M. J. W.; HINCH, S. G.; FISK, A. T.; VANDERZWAAG, D. L.; APOSTLE, R.; WHORISKEY, F.** 2011a. Ocean Tracking Network Canada: A Network Approach to Addressing Critical Issues in Fisheries and Resource Management with Implications for Ocean Governance. *Fisheries* 36(12):583-592.
- COOKE, S. J.; WOODLEY, C. M.; EPPARD, M. B.; BROWN, R. S.; NIELSEN, J. L.** 2011b. Advancing the surgical implantation of electronic tags in fish: a gap analysis and research agenda based on a review of trends in intracoelomic tagging effects studies. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21:127-151.
- COOKE, S.; MIDWOOD, J.; THIEM, J.; KLIMLEY, P.; LUCAS, M.; THORSTAD, E.; EILER, J.; HOLBROOK, C.; EBNER, B.** 2013. Tracking Animals in Freshwater with Electronic Tags: Past, Present and Future. *Animal Biotelemetry* 1:5.
- CRITCHELL, K.; HOOGENBOOM, M. O.** 2018. Effects of microplastic exposure on the body condition and behaviour of planktivorous reef fish (*Acanthochromis polyacanthus*). *PLoS ONE* 13(3):e0193308.
- CROOK, D. A.; WHITE, R. W. G.** 1995. Evaluation of subcutaneously implanted visual implant tags and coded wire tags for marking and benign recovery in a small scaleless fish, *Galaxias truttaceus* (Pisces: Galaxiidae). *Marine and Freshwater Research* 46:943-946.
- DAHL, K. A.; PATTERSON, W. F.** 2020. Movement, home range, and depredation of invasive lionfish revealed by fine-scale acoustic telemetry in the northern Gulf of Mexico. *Marine Biology* 167(8):1-12.
- DANYLCHUK, A. J.; LEWIS, J.; JUD, Z.; SHENKER, J.; ADAMS, A.** 2019. Behavioral observations of bonefish (*Albula vulpes*) during prespawning aggregations in the Bahamas: clues to identifying spawning sites that can drive broader conservation efforts. *Environ Biol Fish* 102:175-184.
- DICKEN, M. L.; BOOTH, A. J.; SMALE, M. J.; CLIFF, G.** 2007. Spatial and seasonal distribution patterns of juvenile and adult raggedtooth sharks (*Carcharias taurus*) tagged off the east coast of South Africa. *Marine and Freshwater Research* 58:127-134.

- DOMEIERS, M.; KIEFER, D.; NASBY-LUCAS, N.; WAGSCHAL, A.; O'BRIEN, F.** 2005. Tracking Pacific bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) in the northeastern Pacific with an automated algorithm that estimates latitude by matching sea-surface-temperature data from satellites with temperature data from tags on fish. *Fishery Bulletin* 103(2):292-306.
- DRENNER, S. M.; CLARK, T. D.; WHITNEY, C. K.; MARTINS, E. G.; COOKE, S. J.; HINCH, S. G.** 2012. A Synthesis of Tagging Studies Examining the Behaviour and Survival of Anadromous Salmonids in Marine Environments. *PLoS ONE* 7(3):e31311.
- DUNLOP, S. W.; MANN, B. Q.; VAN DER ELST, R. P.** 2013. A review of the Oceanographic Research Institute's Cooperative Fish Tagging Project: 27 years down the line. *African Journal of Marine Science* 35(2):209-221.
- DUNNING, D. J.; ROSS, Q. E.** 1987. Tag Retention by, and Tagging Mortality of, Hudson River Striped Bass. *North American Journal of Fisheries Management* 7:535-538.
- EGGENBERGER, C. W.; SANTOS, R. O.; FRANKOVICH, T. A.; JAMES, W. R.; MADDEN, C. J.; NELSON, J. A.; REHAGE, J. S.** 2019. Coupling telemetry and stable isotope techniques to unravel movement: Snook habitat use across variable nutrient environments. *Fisheries Research*. 218:35-47.
- FEELEY, M.; MORLEY, D.; ACOSTA, A.; BARBERA, P.; HUNT, J.; SWITZER, T.; BURTON, M. L.** 2018. Spawning migration movements of Mutton Snapper in Tortugas, Florida: Spatial dynamics within a marine reserve network. *Fisheries Research* 204(6):209-223.
- FERRARI, M. C. O.; MCCORMICK, M. I.; MEEKAN, M. G.; SIMPSON, S. D.; NEDELEC, S. L.; CHIVERS, D. P.** 2018. School is out on noisy reefs: the effect of boat noise on predator learning and survival of juvenile coral reef fishes. *Proc. R. Soc. B*. 285:20190033.
- FITZGERALD, J.; SHEEHAN, T.; KOCIK, J.** 2004. Visibility of Visual Implant Elastomer Tags in Atlantic Salmon Reared for Two Years in Marine Net-Pens. *North American Journal of Fisheries Management* 24(1):222-227.
- FONTENEAU, F.; HALLIER, J.** 2014. Fifty years of dart tag recoveries for tropical tuna: A global comparison of results for the western Pacific, eastern Pacific, Atlantic, and Indian Oceans. *Fisheries Research* 163:7-22.
- FREDERICK, J.** 1997. Evaluation of Fluorescent Elastomer Injection as a Method for Marking Small Fish. *Bulletin of marine science* 61(2): 399–408.
- FUKUDA, K.; SUNOBE, T.** 2020. Group structure and putative mating system of three hermaphrodite gobiid fish, *Priolepis akihitoi*, *Trimma emeryi*, and *Trimma hayashii* (Actinopterygii: Gobiiformes). *Ichthyological Research* 67(4):552-558.
- GIL, M.; PALMER, M.; GRAU, A.; MASSUTÍ, E.; PASTOR, E.** 2017. Comparing tagging strategies: Effects of tags on retention rate, mortality rate and growth in hatchery-reared juvenile meagre, *Argyrosomus regius* (Pisces: Sciaenidae). *Scientia Marina* 81(2):171-178.

- GLEISS, A. C.; DALE, J. J.; KLINGER, D. H.; ESTESS, E. E.; GARDENER, L. D.; MACHADO, B.; NORTON, A. G.; FARWELL, C.; BLOCK, B. A.** 2019. Temperature dependent pre- and postprandial activity in Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 231:131-139.
- GODOY, N.; GELCICH, S.; VASQUEZ, J.; CASTILLA, J.** 2010. Spearfishing to Depletion: Evidence from Temperate Reef Fishes in Chile; *Ecological Applications* (20)6: 1504–1511.
- GUALTIERI, J.; AIELLO, A.; ANTOINE-SANTONI, T.; POGGI, B.; DEGENTILI, E.** 2013. Active Tracking of Maja Squinado in the Mediterranean Sea with Wireless Acoustic Sensors: Method, Results and Prospectives. *Sensors* 13(11):15682-15691.
- HARDING, J. M.; ALLE, D. M.; HAFFEY, E. R.; HOFFMAN, K. M.** 2019. Site Fidelity of Oyster Reef Blennies and Gobies in Saltmarsh Tidal Creeks. *Estuaries and Coasts* 43(2):409-423.
- HAZEN, E. L.; MAXWELL, S. M.; BAILEY, H.; BOGRAD, S. J.; HAMANN, M.; GASPAR, P.; GODLEY, B. J.; SHILLINGER, G. L.** 2012. Ontogeny in marine tagging and tracking science: technologies and data gaps. *Marine Ecology Progress Series* 457:221-240.
- HEUPEL, M. R.; BENNETT, M. B.** 1997. Histology of dart tag insertion sites in the epaulette shark. *Journal of Fish Biology* 50:1034-1041.
- HEUPEL, M. R.; SEMMENS, J. M.; HOBDDAY, A. J.** 2006. Automated acoustic tracking of aquatic animals: scales, design and deployment of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research* 57:1-13.
- HIDALGO-MIHART, M. G.; OLIVERA-GÓMEZ, L. D.** 2011. Radiotelemetría de vida silvestre. In: *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Instituto de Ecología A.C. y Universidad Autónoma de Querétaro, México :178-220.
- HIMAWAN, J.; BENNETT, A.; WIENHOLD, K.; FLANIGAN, T.; HUGHES, S.; LUTCAVAGE, M. E.; LAM, C. H.; TAM, C.** 2018. Fish Tagging via RFID and Bluetooth: Field Testing and Lessons Learned. [en línea] <<https://doi.org/10.1109/OCEANSKOBE.2018.8559152>> [consulta: 06-02-2021]
- HOEY, A. S.; MCCORMICK, M. I.** 2004. Selective Predation for Low Body Condition at the Larval-Juvenile Transition of a Coral Reef Fish. *Oecologia* 139: 23–29.
- HOEY, A. S.; MCCORMICK, M. I.** 2006. Effects of subcutaneous fluorescent tags on the growth and survival of a newly settled coral reef fish, *Pomacentrus amboinensis* (Pomacentridae). *Proceedings of 10th International Coral Reef Symposium* :420-424.
- HUETER, R. E.; TYMINSKI, J. P.; PINA, F.; MORRIS, J. J.; RUIZ, A.; ANGULO, J. A.; LÓPEZ, N.** 2018. Movements of three female silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) as tracked by satellite-linked tags off the Caribbean coast of Cuba. *Bull Mar Sci* 94(2):345-358.

- ISELY, J. J.; YOUNG, S. P.; JONES, T. A.; SCHAFFLER, J. J.** 2002. Effects of antenna placement and antibiotic treatment on loss of simulated transmitters and mortality in hybrid striped bass. *North American Journal of Fisheries Management* 22:204–207
- IVANOVA, S.; KESSEL, S. T.; LANDRY, J. J.; O'NEILL, C.; MCLEAN, M. F.; ESPINOZA, M.; VAGLE, S.; HUSSEY, N. E.; FISK, A.** 2018. Impact of vessel traffic on the home ranges and movement of Shorthorn Sculpin (*Myoxocephalus scorpius*) in the nearshore environment of the high Arctic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 75(12):2390-2400.
- JACKSON, L. S.; DRYMON, J. M.; NELSON, T. R.; & POWERS, S. P.** 2018. Biotelemetry based estimates of greater amberjack (*Seriola dumerili*) post-release mortality in the northern Gulf of Mexico. *Fisheries Research*. 208:239–246.
- JACOBSEN, J. A.; HANSEN, L. P.** 2004. Conventional tagging methods in stock identification: internal and external tags. *ICES ASC 2004/EE*:29.
- JEPSEN, N. SCHRECK, C.; CLEMENTS, S.; THORSTAD, E. B.** 2005. A brief discussion of the 2% tag/body mass rule of thumb. *Aquatic telemetry: advances and applications. Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe. Ustica, Italy (2003)*: 9-13.
- JEPSEN, N.; THORSTAD, E.; HAVN, T.; LUCAS, M.C.** 2015. The use of external electronic tags on fish: an evaluation of tag retention and tagging effects. *Animal Biotelemetry* (3):49.
- KAUNDA-ARARA, B.; ROSE, G. A.** 2004. Long-distance movements of coral reef fishes. *Coral Reefs* 23(3):410-412.
- KLIMLEY, A.P.** 2013. Why publish *Animal Biotelemetry*?. *Animal Biotelemetry* (1):1.
- KOHLER, N. E.; TURNER, P. A.; HOEY, J. J.; NATANSON, L. J.; BRIGGS, R.** 2002. Tag and recapture data for three pelagic shark species: blue shark (*prionace glauca*), shortfin mako (*isurus xyrinchus*), and porbeagle (*lamna nasus*) in the north atlantic ocean. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCA*. 54(4):1231-1260.
- LACROIX, G. L.; KNOX, D.; STOKESBURY, M. J. W.** 2005. Survival and behaviour of post-smolt Atlantic salmon in coastal habitat with extreme tides. *Journal of Fish Biology* 66:485-498.
- LOGAN, R. K.; LOWE, C. G.** 2018. Residency and inter-reef connectivity of three gamefishes between natural reefs and a large mitigation artificial reef. *Marine Ecology Progress Series* 593:111-126.
- LUCAS, M.; BARAS, E.** 2000. Methods for studying spatial behaviour of freshwater fish in the natural environment. *Fish and Fisheries* (1):283 - 316.
- MALONE, J. C.; FORRESTER, G. E.; STEELE, M. A.** 1999. Effects of subcutaneous microtags on the growth, survival, and vulnerability to predation of small reef fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 237(2):243-253.
- MCCORD, C. L.; WHITELEY, E.; LIANG, J.; TREJO, C.; CAPUTO, R.; ITEHUA, E.; HASAN, H.; HERNANDEZ, S.; JAGNANDAN, L.; FUDGE, D.** 2020.

- Concentration effects of three common fish anesthetics on Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*). *Fish Physiol Biochem.* <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00761-4>
- MCCORMICK, M. I.; SMITH, S.** 2004. Efficacy of passive integrated transponder tags to determine spawning-site visitations by a tropical fish. *Coral Reefs* 23:570-577.
- MCFARLANE, G.; WYDOSKI, R.; PRINCE, E.** 1990. Historical Review of the Development of External Tags and Marks. *American Fisheries Society Symposium* 7:9–29.
- MCGARIGAL, C.** 2018. Physiological and Behavioral Effects of Angling Stress on Kelp Bass, *Paralabrax clathratus*, an Important Gamefish in Southern California. Master of Science Thesis in Biology. North Dartmouth, Massachusetts, United States. University of Massachusetts, Dartmouth. 95 p.
- METCALFE, J. D.; ARNOLD, G. P.** 1997. Tracking fish with electronic tags. *Nature* 387:665-666.
- MORAGA, J.; CARTES-VELÁSQUEZ, R.** 2015. Pautas de Chequeo, Parte II: QUOROM y PRISMA. *Revista Chilena de Cirugía* 67(3):325–330.
- MORRISON, J.; ZAJAC, D.** 1987. Histologic effect of wire tagging in Chum Salmon. *North American Journal of Fisheries Management* 7:439-441.
- MULCAHY, D. M.** 2013. Legal, Ethical, and Procedural Bases for the Use of Aseptic Techniques to Implant Electronic Devices. *Journal of Fish and Wildlife Management* 4(1):211-219.
- MUSSELMAN, W. C.; WORTHINGTON, T. A.; MOUSER, J.; WILLIAMS, D. M.** 2019. Passive Integrated Transponder Tags: Review of Studies on Warmwater Fishes With Notes on Additional Species. *Journal of Fish and Wildlife Management* 8(2):353-364.
- NANDOR, G. F.; LONGWILL, J. R.; WEBB, D. L.** 2010. **Chapter 2 – Overview of the Coded Wire Tag Program in the Greater Pacific Region of North America.** In: Wolf, K.; O’Neal, J. (Eds.). *PNAMP Special Publication: Tagging, Telemetry and Marking Measures for Monitoring Fish Populations.* Pacific Northwest Aquatic Monitoring Partnership. USA. pp. 5-46.
- NASH, K. L.; WELSH, J. Q.; GRAHAM N. A. J.; BELLWOOD, D. R.** 2014. Home-range allometry in coral reef fishes: comparison to other vertebrates, methodological issues and management implications. *Oecologia* 177(1):73–83.
- NATHAN, R.; GETZ, W.; REVILLA, E.; HOLYOAK, M.; KADMON, R.; SALTZ, D.; SMOUSE, P.** 2008. A Movement Ecology Paradigm for Unifying Organismal Movement Research; *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (105) N°49: 19052–19059.
- NGUYEN, H. T.; TRAN, A. T.; HA, L. T. L.; NGO, D. N.; DANG, B. T.; GEFFEN, A. J.** 2019. Host choice and fitness of anemonefish *Amphiprion ocellaris* (Perciformes: Pomacentridae) living with host anemones (Anthozoa: Actiniaria) in captive conditions. *Journal of Fish Biology* 94:937-947.
- NORAMBUENA, L.; CONTRERAS, S.** 2017. Informe Final “Impactos asociados con el uso extraetiqueta del principio activo oxitetraciclina, vía intraperitoneal en centros de

- cultivo de salmónidos sobre el programa de control de fármacos vigente”. Instituto de Fomento Pesquero. FIPA N° 2014-91.
- NORTHWEST MARINE TECHNOLOGY, INC.** s.f. Visible implant elastomer tags. [en línea]. < <https://www.nmt.us/visible-implant-elastomer/> > [consulta 20-04-2021].
- NOVAK, A. J.** 2018. “Movers and stayers” Movement ecology of yellowtail snapper *Ocyurus chrysurus* and horse-eye jack *Caranx latus* around Buck Island Reef National Monument, U.S. Virgin Islands. Master of Science Thesis. Amherst, Massachusetts, United States. University of Massachusetts, Amherst. 143 p.
- OJEDA, F. P.; CÁCERES, C. W.** 1995. Digestive mechanisms in *Aplodactylus punctatus* (Valenciennes): a temperate marine herbivorous fish. Marine ecology progress series. 118:37-42.
- ORTIZ, M.; PRINCE, E. D.; SERAFY, J. E.; HOLTS, D. B.; DAVY, K. B.; PEPPERELL, J. G.; LOWRY, M. B.; HOLDSWORTH, J. C.** 2003. Global overview of the major constituent-based billfish tagging programs and their results since 1954. Marine and Freshwater Research 54:489-507.
- OVEN, J. H.; LEE BLANKENSHIP, H.** 1993. Benign Recovery of Coded Wire Tags from Rainbow Trout. North American Journal of Fisheries Management. 13(4):852–855.
- PARIS, JR.; SHERMAN, KD.; BELL, E.; BOULENGER, C.; DELORD, C.; EL-MAHDI, MBM.; FAIRFIELD, EA.; GRIFFITHS, AM.; GUTMANN ROBERTS, C.; HEDGER, RD.; HOLMAN, LE.; HOOPER, LH.; HUMPHRIES, NE.; KATSIADAKI, I.; KING, RA.; LEMOPOULOS, A.; PAYNE, CJ.; PEIRSON, G.; RICHTER, KK.; TAYLOR, MI.; TRUEMAN, CN.; HAYDEN, B.; STEVENS, JR.** 2018. Understanding and managing fish populations: keeping the toolbox fit for purpose. Journal of Fish Biology. 92(3):727-751.
- PEATMAN, T.; ABASCAL, F. J.** 2018. Spatiotemporal variability in bigeye tuna vertical distribution in the Pacific Ocean. Fisheries Newsletter 155:44-50.
- PEREIRA, T. J.; SILVA, A. F.; DE ALMEIDA, P. R.; BELO, A. F.; COSTA, J. L.; CASTRO, N.; QUINTELLA, B. R.** 2018. Assessing the size adequacy of a small no-take marine protected area (MPA) for Mediterranean moray and European conger. Marine Ecology Progress Series 584:213–227.
- PÉREZ-MATUS, A.; CARRASCO, S. A.; GELCICH, S.; FERNANDEZ, M.; WIETERS, E. A.** 2017b. Exploring the effects of fishing pressure and upwelling intensity over subtidal kelp forest communities in Central Chile. Ecosphere 8(5):e01808. 10.1002/ecs2.1808.
- PÉREZ-MATUS, A.; FERRY-GRAHAM, L. A.; CEA, A.; VÁSQUEZ, J. A.** 2007. Community structure of temperate reef fishes in kelp-dominated subtidal habitats of northern Chile. Marine and Freshwater Research. 58:1069–1085.
- PÉREZ-MATUS, A.; OSPINA-ALVAREZ, A.; CAMUS, P. A.; CARRASCO, S. A.; FERNANDEZ, M.; GELCICH, S.; GODOY, N.; OJEDA, F. P.; PARDO, L. M.; ROZBACZYLO, N.; SUBIDA, D. M.; THIEL, M.; WIETERS, E. A.**

- NAVARRETE, S. A. 2017a. Temperate rocky subtidal reef community reveals human impacts across the entire food web. *Marine Ecology Progress Series* 567:1-16.
- PÉREZ, M.; BRACCINI, M.; COUSSEAU, M. B. 2014. Uso de marcas convencionales en un país con escasa experiencia en marcación de peces marinos. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42(1):258-263.
- PICKHOLTZ, R. S. M.; KIFLAWI, M.; FRIEDLANDER, A. M.; BELMAKER, J. 2018. Habitat utilization by an invasive herbivorous fish (*Siganus rivulatus*) in its native and invaded range. *Biological Invasions* 20:3499-3512.
- PINE, W. E.; POLLOCK, K. H.; HIGHTOWER, J. E.; KWAK, T. J.; RICE, J. A. 2003. A Review of Tagging Methods for Estimating Fish Population Size and Components of Mortality. *Fisheries* 28(10):10-23.
- PITTMAN, S. J.; MONACO, M. E.; FRIEDLANDER, A. M.; LEGARE, B.; NEMETH, R. S.; KENDALL, M. S.; POTI, M.; CLARK, R. D.; WEDDING, L. M.; CALDOW, C. 2014. Fish with Chips: Tracking Reef Fish Movements to Evaluate Size and Connectivity of Caribbean Marine Protected Areas. *PLoS ONE* 9(5):e96028.
- REEMEYER, J. E.; HARRIS, J. C.; HERNANDEZ, A. M.; REES, B. B. 2019. Effects of passive integrated transponder tagging on cortisol release, aerobic metabolism and growth of the Gulf killifish *Fundulus grandis*. *Journal of Fish Biology* 94(3):422-433.
- REEVS, K. S.; BUCKMEIER, D. L. 2009. Mortality, Predation, and Tag Visibility of Fish Marked with Visible Implant Elastomer Tags. *North American Journal of Fisheries Management* 29:323-329.
- RODDE, C.; DE VERDAL, H.; LEFEBVRE, S.; MENNITI, C.; VANDEPUTTE, M.; CLOTA, F.; ALLAL, F.; MCKENZIE, D. J.; BENZIE, J. A. H.; NAHON, S. 2020. Variations in isotope incorporation rates and trophic discrimination factors of carbon and nitrogen stable isotopes in scales from three European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 533:151468.
- RUDERSHAUSEN, P. J.; BUCKEL, J. A.; HIGHTOWER, J. E. 2013. Estimating reef fish discard mortality using surface and bottom tagging: effects of hook injury and barotrauma. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 71:514-520.
- RUNDE, B. J.; MICHELOT, T.; BACHELER, N. M.; SHERTZER, K. W.; BUCKEL, J. A. 2020. Assigning Fates in Telemetry Studies Using Hidden Markov Models: an Application to Deepwater Groupers Released with Descender Devices. *North American Journal of Fisheries Management*. 40(6):1417-1434.
- RUSSELL, B. C. 2000. Review of the southern temperate fish family Aplodactylidae (Pisces: Perciformes). *Journal of Natural History*. 34:(11)2157-2171.
- SALMON EXPERT. 2016. Uso intraperitoneal de oxitetraciclina en salmónidos. [en línea]. <<https://www.salmonexpert.cl/article/uso-intraperitoneal-de-oxitetraciclina-en-salmonidos/>> [consulta 05-10-2021].
- SANDFORD, M.; CASTILLO, G.; HUNG, T. 2019. A review of fish identification methods applied on small fish. *Reviews in Aquaculture* 12(2):542-554.

- SHERMAN, K. D.; PARIS, J. R.; KING, R. A.; MOORE, K. A.; DAHLGREN, C. P.; KNOWLES, L. C.; STUMP, K.; TYLER, C. R.; STEVENS, J. R.** 2020. RAD-Seq Analysis and *in situ* Monitoring of Nassau Grouper Reveal Fine-Scale Population Structure and Origins of Aggregating Fish. *Frontiers in Marine Science*. 7:157.
- SIBERT, J. R.** 2001. Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries. *Electrollic Tagging and Tracking in Marille Fisheries* 1-6.
- SKUBEL, R. A.; WILSON, K.; PAPASTAMATIOU, Y. P.; VERKAMP, H. J.; SULIKOWSKI, J. A.; BENETTI, D.; HAMMERSCHLAG, N.** 2020. A scalable, satellite-transmitted data product for monitoring high-activity events in mobile aquatic animals. *Animal Biotelemetry* 8(1):1-14.
- STAR ODDI.** s.f. Aquatic Animals. [en línea]. < <https://www.star-oddi.com/products/archival-tags> > [consulta 25-06-2021].
- SUMPTON, W. D.; BROWN, I. W.; MAYER, D. G.; MCLENNAN, M. F.; MAPLESTON, A.; BUTCHER, A. R.; WELCH, D. J.; KIRKWOOD, SAWYNOK, B.; BEGG, G. A.** 2010. Assessing the effects of line capture and barotrauma relief procedures on post-release survival of key tropical reef fish species in Australia using recreational tagging clubs. *Fisheries Management and Ecology* 17:77-88.
- TEIXEIRA, A.; CORTES, R. M. V.** 2007. PIT telemetry as a method to study the habitat requirements of fish populations: application to native and stocked trout movements. *Hydrobiologia* 582:171–185.
- THIEM, J. D.; TAYLOR, M. K.; MCCONNACHIE, S. H.; BIENDER, T. R.; COOKE, S. J.** 2010. Trends in the reporting of tagging procedures for fish telemetry studies that have used surgical implantation of transmitters: a call for more complete reporting. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21:117-126.
- THOMSON, D. A.; FINDLEY, L. T.; KERSTITCH, A. N.** 2000. The reef fish community. In: *Reef Fishes of the Sea of Cortez: The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California*, Edición revisada. University of Texas Press. (1):5-7.
- THORSTAD, E. B.; RIKARSEN, A. H.; ALP, A.; OKLAND, F.** 2013. The Use of Electronic Tags in Fish Research - An Overview of Fish Telemetry Methods. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 881–896.
- TORT, L.; PUIGSERVER, M.; CRESPO, S.; PADROS, F.** 2002. Cortisol and haematological response in sea bream and trout subjected to the anaesthetics clove oil and 2-phenoxyethanol. *Aquaculture Research*. 33:907-910.
- TRICAS, T.C; GRUBER, S. H.** 2001. The behavior and sensory biology of elasmobranch fishes: an anthology in memory of Donald Richard Nelson. Edición ilustrada. Springer Science & Business Media.
- UEHARA, M.; EBISAWA, A.; OHTA, I.; AOMUMA, Y.** 2019. Effectiveness of deepwater marine protected areas: Implication for Okinawan demersal fisheries management. *Fisheries Research* 215:123-130.

- WAGNER, G. N.; COOKE, S. J.** 2005. Methodological approaches and opinions of researchers involved in the surgical implantation of telemetry transmitters in fish. *Journal of Aquatic Animal Health* 17:160–169.
- WALLIN, J. E.; RANSIER, J. M.; FOX, S.; MCMICHAEL JR, R. H.** 1997. Short-term retention of coded wire and internal anchor tags in juvenile common snook, *Centropomus undecimalis*. *Fishery Bulletin* 95:873-878.
- WELCH, D. W.; BOEHLERT, G. W.; WARD, B. R.** 2002. POST—the Pacific Ocean salmon tracking project POST, le projet de suivi du saumon du Pacifique. *Oceanologica Acta* 25:243-253.
- WHITE, C. F.; LYONS, K.; JORGENSEN, S. J.; O’SULLIVAN, J.; WINKLER, C.; WENG, K. C.; LOWE, C. G.** 2019. Quantifying habitat selection and variability in habitat suitability for juvenile white sharks. *PLoS ONE* 15(5):e0214642.
- WILLIAMS, R.; TUCK, G. N.; CONSTABLE, A.** 2002. Movement, growth and available abundance to the fishery of *Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898 at Heard Island, derived from tagging experiments. *CCAMLR Science* 9:33-48.

ANEXO 1: LISTA DE PUBLICACIONES REVISADAS

Acuña, 2018	Ecology of sharks and human attitudes towards shark conservation in the galapagos marine reserve
Adams et al., 2018	Identifying pre-spawning aggregation sites for bonefish (<i>Albula vulpes</i>) in the Bahamas to inform habitat protection and species conservation
Ajemian et al., 2020	Movement patterns and habitat use of tiger sharks (<i>Galeocerdo cuvier</i>) across ontogeny in the Gulf of Mexico
Akiona, 2018	predatory fish population dynamics and diet in a traditional hawaiian fishpond
Aldana, 2020	Movimientos, residencia y preferencias ambientales del tiburón martillo en dos archipiélagos: Revillagigedo y Espíritu Santo, México
Allgeier et al., 2020	Individual behavior drives ecosystem function and the impacts of harvest
Aspillaga et al., 2019	Modelling the three-dimensional space use of aquatic animals combining topography and Eulerian telemetry data
Ayala, 2020	Testing the effifficacy of recompression tools to reduce the discard mortality of reef fishes in the Gulf of Mexico
Bacheler et al., 2018	Behavior of gray triggerfish <i>Balistes capriscus</i> around baited fish traps determined from fine-scale acoustic tracking
Bacheler et al., 2019	Tropical storms influence the movement behavior of a demersal oceanic fish species
Bacheler et al., 2019	Fine-scale movement patterns and behavioral states of gray triggerfish <i>Balistes capriscus</i> determined from acoustic telemetry and hidden Markov models
Baeyaert et al., 2018	“Solo datasets”: Unexpected behavioral patterns uncovered by acoustic monitoring of single individuals
Baker et al., 2018	Contrasting seascape use by a coastal fish assemblage: a multi-methods approach
Baker, 2020	Gene expression responses of larval gopher (<i>Sebastes carnatus</i>) and Blue (<i>S. mystinus</i>) rockfish to ocean acidification and hypoxia
Barilotti et al., 2020	Are fishes attracted to piers? movements and association of marine fishes to a public fishing pier within a commercial harbor
Barrett et al., 2018	Limited evidence for differential reproductive fitness of wild Atlantic cod in areas of high and low salmon farming density
Barry et al., 2020	The spatial ecology of brown trout (<i>Salmo trutta</i>) and dace (<i>Leuciscus leuciscus</i>) in an artificially impounded riverine habitat: results from an acoustic telemetry study
Becker et al., 2019	Coarse- and fine-scale acoustic telemetry elucidates movement patterns and temporal variability in individual territories for a key coastal mesopredator
Beltramino et al., 2019	Activity budgets for the sedentary Argentine sea bass <i>Acanthistius patachonicus</i> inferred from accelerometer data loggers
Besson et al., 2020	Anthropogenic stressors impact fish sensory development and survival via thyroid disruption
Bierwagen, 2019	Functional roles of reef sharks on the Great Barrier Reef

Blinchow et al., 2020	Spatial ecology of Nassau grouper at home reef sites: using acoustic telemetry to track a large, long-lived epinephelid across multiple years (2005–2008)
Bohaboy et al., 2019	Application of three-dimensional acoustic telemetry to assess the effects of rapid recompression on reef fish discard mortality
Bolognesi et al., 2019	Tactile stimulation reduces aggressiveness but does not lower stress in a territorial fish
Bos et al., 2018	Growth, site fidelity, and grouper interactions of the Red Sea lionfish <i>Pterois miles</i> (Scorpaenidae) in its native habitat
Boucek et al., 2018	Measuring site fidelity and homesite-to-pre-spawning site connectivity of bonefish (<i>Albula vulpes</i>): using mark-recapture to inform habitat conservation
Bouyoucos et al., 2020	The power struggle: assessing interacting global change stressors via experimental studies on sharks
Bouyoucos et al., 2018	Dead tired: evaluating the physiological status and survival of neonatal reef sharks under stress
Bowden et al., 2018	Negligible differences in metabolism and thermal tolerance between diploid and triploid Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>)
Branconi et al., 2019	A new non-invasive technique for temporarily tagging coral reef fishes
Brownscombe et al., 2020	Application of machine learning algorithms to identify cryptic reproductive habitats using diverse information sources
Brownscombe et al., 2019	Seasonal occupancy and connectivity amongst nearshore flats and reef habitats by permit <i>Trachinotus falcatus</i> : considerations for fisheries management
Bryan et al., 2019	Home range and spawning migration patterns of queen triggerfish <i>Balistes vetula</i> in St. Croix, US Virgin Islands
Bublely et al., 2020	Project 6. Reef fish monitoring by MARMAP and the SERFS program at Gray's Reef National Marine Sanctuary, 1993-2014
Bull, 2019	Comparing baited remote underwater video systems with fish traps along the coast of Frøya and Hitra
Burke da Silva, 2019	Thermal adaptation and acclimation in an intertidal goby (<i>Bathygobius cocosensis</i>)
Burns et al., 2020	Evidence of artificial habitat use by a recovering marine predator in southern California
Burns, 2019	The residency, movement patterns and habitat association of several demersal fish species to the orange county sanitation district wastewater outfall
Calich et al., 2018	Overlap between highly suitable habitats and longline gear management areas reveals vulnerable and protected regions for highly migratory sharks
Callahan, 2020	Temporal and size-based patterns in juvenile sablefish energy allocation and diet
Capizzano, 2020	Promoting the sustainability of the gulf of maine recreational groundfish fishery through discard mortality estimation, mitigation, and outreach

Carlisle et al., 2019	Estimating space use of mobile fishes in a large marine protected area with methodological considerations in acoustic array design
Casselberry et al., 2020	Network analysis reveals multispecies spatial associations in the shark community of a Caribbean marine protected area
Chivers et al., 2019	Coral degradation alters predator odour signatures and influences prey learning and survival
Cimino et al., 2018	Oceanographic, acoustic, and remote approaches reveal the spatio-temporal dynamics of blackfin snapper at an aggregation site in Palau
Clevenstine, 2019	Aggregation site fidelity and movement patterns of giant sea bass (<i>Stereolepis gigas</i>)
Colebrook, 2019	Evaluating the effects of predation risk on reproduction of a temperate reef fish
Cook et al., 2020	Investigating food limitations in wild fisheries: the attendance and growth responses of fish at an anthropogenic feeding station within a temperate estuary
Crespel et al., 2019	Long-term effects of ocean acidification upon energetics and oxygen transport in the European sea bass (<i>Dicentrarchus labrax</i> , Linnaeus)
Critchell y Hoogenboom, 2018	Effects of microplastic exposure on the body condition and behaviour of planktivorous reef fish (<i>Acanthochromis polyacanthus</i>)
Curnick et al., 2020	Behavior and ecology of silky sharks around the chagos archipelago and evidence of Indian Ocean wide movement
Da Silva et al., 2020	Intertidal gobies acclimate rate of luminance change for background matching with shifts in seasonal temperature
Dahl y Patterson, 2020	Movement, home range, and depredation of invasive lionfish revealed by fine-scale acoustic telemetry in the northern Gulf of Mexico
Daly et al., 2020	Investigating the efficacy of a proposed marine protected area for the Endangered humphead wrasse <i>Cheilinus undulatus</i> at a remote island group in Seychelles
Danylchuk et al., 2019	Behavioral observations of bonefish (<i>Albula vulpes</i>) during prespawning aggregations in the Bahamas: clues to identifying spawning sites that can drive broader conservation efforts
Dauidsen et al., 2019	Effects of sound exposure from a seismic airgun on heart rate, acceleration and depth use in free-swimming Atlantic cod and saithe
DeRoy et al., 2020	Behaviourally-mediated learning ability in an invasive marine fish
DeRoy, 2019	Behavioural plasticity and foraging ecology of invasive lionfish (<i>Pterois volitans</i>)
Diggles et al., 2018	Emergence of serranid pigment abnormality syndrome (SPAS) in wire netting cod (<i>Epinephelus quoyanus</i>) from Heron Island on the southern Great Barrier Reef
Drown et al., 2020	An innovative setup for high-throughput respirometry of small aquatic animals
Drymon et al., 2020	Defining sex-specific habitat suitability for a northern Gulf of Mexico shark assemblage

Duppont et al., 2018	Characterization of the growth rate of adult wolffishes <i>Anarhichas minor</i> and <i>A. lupus</i> : Is avoidance of paternal care at the origin of the expression of a sexual size dimorphism?
Dwyer et al., 2020	Individual and Population Benefits of Marine Reserves for Reef Sharks
Ebrahim, 2019	The ecological and functional roles of commercially important rabbitfish species in a marine environment
Eggenberger et al., 2019	Coupling telemetry and stable isotope techniques to unravel movement: Snook habitat use across variable nutrient environments
Everett et al. 2020	Movement patterns of red snapper <i>Lutjanus campechanus</i> based on acoustic telemetry around oil and gas platforms in the northern Gulf of Mexico
Feeley et al., 2018	Spawning migration movements of Mutton Snapper in Tortugas, Florida: spatial dynamics within a marine reserve network
Ferrari et al., 2018	School is out on noisy reefs: the effect of boat noise on predator learning and survival of juvenile coral reef fishes
Filous et al., 2020	The spawning migrations of an exploited <i>Albulid</i> in the tropical Pacific: implications for conservation and community-based management
Fjelldal et al., 2019	Effects of laboratory salmon louse infection on Arctic char osmoregulation, growth and survival
Flannery, 2018	The effects of ocean acidification and reduced oxygen on the behavior and physiology of juvenile rockfish
Flikac et al., 2020	Seasonal growth dynamics and maximum potential growth rates of Australasian snapper (<i>Chrysophrys auratus</i>) and yellow-eyed mullet (<i>Aldrichetta forsteri</i>)
Fortes et al., 2019	Have a break or keep going - behavioral and metabolic overwintering strategies of two invasive species of the river Rhine, Germany
Fowler et al., 2018	Patterns and drivers of movement for a coastal benthopelagic fish, <i>Pseudocaranx georgianus</i> , on Australia's southeast coast
Froehlich et al., 2018	Daily movement patterns of red snapper (<i>Lutjanus campechanus</i>) on a large artificial reef
Fujisawa et al., 2018	Aggressive mimicry of the cleaner wrasse by <i>Aspidontus taeniatus</i> functions mainly for small blennies
Fukuda y sunobe, 2020	Group structure and putative mating system of three hermaphrodite gobiid fish, <i>Priolepis akihitoi</i> , <i>Trimma emeryi</i> , and <i>Trimma hayashii</i> (Actinopterygii: Gobiiformes)
Gandra et al., 2018	Diel and seasonal changes in the spatial behaviour of a soft-sediment fish (<i>Solea senegalensis</i>) inside a marine reserve
Garwood et al., 2019	Site fidelity and habitat use by young-of-the-year transient fishes in salt marsh intertidal creeks
Getz y Kline, 2019	Utilizing accelerometer telemetry tags to compare red snapper (<i>Lutjanus campechanus</i> [Poey, 1860]) behavior on artificial and natural reefs
Gibson et al., 2019	Utility of citizen science data: A case study in land-based shark fishing
Gilman, 2018	Effects of Hypoxia on the Behavior and Physiology of Juvenile Stage Temperate Reef Fishes (Genus: <i>Sebastes</i>) Stage Temperate Reef Fishes.

Gleiss et al., 2019	Temperature dependent pre- and postprandial activity in Pacific bluefin tuna (<i>Thunnus orientalis</i>)
Godiksen et al., 2019	Effects of temperature on tissue–diet isotopic spacing of nitrogen and carbon in otolith organic matter
Griffin et al., 2018	Keeping up with the silver king: using cooperative acoustic telemetry networks to quantify the movements of atlantic tarpon (<i>megalops atlanticus</i>) in the coastal waters of the southeastern united states
Grusd et al., 2019	Using mark-recapture methods to estimate population size and survival of pyjama sharks <i>Poroderma africanum</i> in Mossel Bay, South Africa
Guyomard et al., 2020	SMART drumlines at Réunion Island do not attract bull sharks <i>Carcharhinus leucas</i> into nearshore waters: Evidence from acoustic monitoring
Hamilton et al., 2019	Ocean acidification and hypoxia can have opposite effects on rockfish otolith growth
Hanke et al., 2019	Thermal stress response of juvenile milkfish (<i>Chanos chanos</i>) quantified by ontogenetic and regenerated scale cortisol
Harasti et al., 2019	Estimating growth in juvenile white sharks using stereo baited remote underwater video systems (stereo-BRUVs).
Harding et al., 2019	Site fidelity of oyster reef blennies and gobies in saltmarsh tidal creeks
Harms-Tuohy et al., 2018	The effectiveness of small-scale lionfish removals as a management strategy: effort, impacts and the response of native prey and piscivores
Hempson et al., 2018	Trophodynamics in novel coral reef ecosystems
Henderson et al., 2018	Spatial conservation of large mobile elasmobranchs requires an understanding of spatio-temporal seascape utilization
Hensel, 2019	Power of predators – the role of marine fishes as consumers and nutrient providers in a changing tropical back-reef ecosystem.
Herbig et al., 2019	Examining movement patterns of yellowtail snapper, <i>Ocyurus chrysurus</i> , in the Dry Tortugas, Florida
Heupel et al., 2019	Interspecific interactions, movement patterns and habitat use in a diverse coastal shark assemblage
Himawan et al., 2018	Fish Tagging via RFID and Bluetooth:Field Testing and Lessons Learned
Hu et al., 2019	Effectiveness of stocking <i>Sparus macrocephalus</i> fry in situ in the East China Sea
Hubert et al., 2020	Effects of seismic airgun playbacks on swimming patterns and behavioural states of Atlantic cod in a net pen
Hueter et al., 2018	Movements of three female silky sharks (<i>Carcharhinus falciformis</i>) as tracked by satellite-linked tags off the Caribbean coast of Cuba
Hughes et al., 2019	Experimental hyperbaric chamber trials reveal high resilience to barotrauma in Australian snapper (<i>Chrysophrys auratus</i>)
Hughes et al., 2019	Simulated catch-and-release using experimental hyperbaric chamber trials reveal high levels of delayed mortality due to barotrauma in mulloway (<i>Argyrosomus japonicus</i>)

Hutchison et al., 2018	Electromagnetic field (EMF) impacts on elasmobranch (shark, rays, and skates) and american lobster movement and migration from direct current cables
IPHC, 2020	96th Session of the IPHC Interim Meeting (IM096) – Compendium of meeting documents
Ivanova et al., 2018	Impact of vessel traffic on the home ranges and movement of Shorthorn Sculpin (<i>Myoxocephalus scorpius</i>) in the nearshore environment of the high Arctic
Jackson et al., 2018	Biotelemetry based estimates of greater amberjack (<i>Seriola dumerili</i>) post-release mortality in the northern Gulf of Mexico
Jacob et al., 2019	No effect of polystyrene microplastics on foraging activity and survival in a post-larvae coral-reef fish, <i>acanthurus triostegus</i>
Jacob et al., 2019	Widespread effects of virgin polyethylene microplastics on juvenile gilthead seabreams (<i>Sparus aurata</i>)
Jacobson et al., 2019	Population and size-specific distribution of Atlantic salmon <i>Salmo salar</i> in the Baltic Sea over five decades
Jensen, 2018	Estimating and mitigating the discard mortality rate of black sea bass in offshore recreational rod-and-reel fisheries
Jyoti, 2018	Keeping it together: the effect of familiarity, personality, and active interactions on group coordination
Karaszkiwicz, 2020	Reproductive biology in corkwing wrasse (<i>Symphodus melops</i>)
Kazour et al., 2020	Juvenile fish caging as a tool for assessing microplastics contamination in estuarine fish nursery grounds
Keller et al., 2020	Grouper tales: use of acoustic telemetry to evaluate grouper movements at western dry rocks in the florida keys
Kenworthy et al., 2018	Movement ecology of a mobile predatory fish reveals limited habitat linkages within a temperate estuarine seascape
Kenworthy, 2019	The movement ecology of large, mobile fishes in north carolina estuaries
Kleiber et al., 2020	Rainbow trout discriminate 2-D photographs of conspecifics from distracting stimuli using an innovative operant conditioning device
Kleinhappel et al., 2019	The impact of water pH on association preferences in fish
Kohda et al., 2019	If a fish can pass the mark test, what are the implications for consciousness and self-awareness testing in animals?
Kohoda et al., 2018	Cleaner wrasse pass the mark test. What are the implications for consciousness and self-awareness testing in animals?
Kraskura y Nelson, 2020	Hypoxia tolerance is unrelated to swimming metabolism of wild, juvenile striped bass (<i>Morone saxatilis</i>)
Krosshavn, 2019	Factors affecting growth in corkwing wrasse (<i>Symphodus melops</i>)
Lara-Lizardi et al., 2020	Shark movements in the Revillagigedo Archipelago and connectivity with the Eastern Tropical Pacific
Lear et al., 2018	Treading water: respirometer choice may hamper comparative studies of energetics in fishes

Legare et al., 2018	Diel movements of the blacktip shark (<i>Carcharhinus limbatus</i>) in a Caribbean nursery
Lembke et al., 2018	Using Three Acoustic Technologies on Underwater Gliders to Survey Fish
Lewin et al., 2018	Estimating post-release mortality of European sea bass based on experimental angling
Li et al., 2018	Three-dimensional migration behavior of juvenile salmonids in reservoirs and near dams
Linares et al., 2020	Effectiveness of tools/techniques for restoration in the deep-sea
Ljøstad, 2019	The movement of five wrasse species (Labridae) on the Norwegian west coast
Logan y Lowe, 2018	Residency and inter-reef connectivity of threeseam fishes between natural reefs and a largemitigation artificial reef
Loher y Soderlund, 2018	Connectivity between Pacific halibut <i>Hippoglossus stenolepis</i> residing in the Salish Sea and the offshore population, demonstrated by pop-up archival tagging
Lombardo et al., 2020	Novel deep-water spawning patterns of bonefish (<i>Albula vulpes</i>), a shallow water fish
Lowerre-Barbieri et al., 2019	Assessing red drum spawning aggregations and abundance in the Eastern Gulf of Mexico: a multidisciplinary approach
Mahlum, 2020	From the fjords to the rivers: Evaluating the spatial distribution of escaped farmed salmon to inform ecologically relevant management strategies
Malinowski et al., 2019	Are Atlantic goliath grouper, <i>Epinephelus itajara</i> , establishing more northerly spawning sites? Evidence from the northeast Gulf of Mexico
Malinowski, 2019	Spawning Patterns, Trophic Ecology, and Toxicology: Conservation Related Research of an Iconic Reef Fish, the Atlantic Goliath Grouper
Maljkovic, 2018	Non-lethal human-shark interactions and their ecological consequences
Mann et al, 2020	Movement patterns and growth rate of cavebass <i>Dinoperca petersi</i> (Pisces: Dinoperidae) in the iSimangaliso Marine Protected Area, South Africa
Mann et al., 2018	Is catch-and-release shore angling compatible with the conservation goals of marine protected areas? A case study from the iSimangaliso Wetland Park in South Africa
Marcek et al., 2019	Metabolic scope and hypoxia tolerance of atlantic croaker (<i>Micropogonias undulatus</i> linnaeus, 1766) and spot (<i>Leiostomus xanthurus</i> lacepède, 1802), with insights into the effects of acute temperature change
Marcek, 2018	Individual- and population-level effects of temperature and hypoxia on two demersal fishes in chesapeake bay hypoxia on two demersal fishes
Mathers et al., 2018	Characterization of the shark bottom longline fishery: 2017
Matich et al., 2019	Inter-individual differences in ontogenetic trophic shifts among three marine predators
Matley et al., 2019	Vulnerability of sea turtles and fishes in response to two catastrophic Caribbean hurricanes, Irma and Maria
Mc Donald et al., 2018	Marginal sinks or potential refuges? Costs and benefits for coral-obligate reef fishes at deep range margins

Mc Garigal, 2018	Physiological and Behavioral Effects of Angling Stress on Kelp Bass, <i>Paralabrax clathratus</i> , an Important Gamefish in Southern California
McCallister et al., 2018	Diel activity patterns and movement of invasive lionfish (<i>pterois volitans/p. miles</i>) in the florida keys identified using acoustic telemetry.
McClelland, 2020	Genetic assessment of breeding patterns and population size of the sicklefin lemon shark <i>Negaprion acutidens</i> in a tropical marine protected area: implications for conservation and management
McCord et al., 2020	Concentration effects of three common fish anesthetics on Pacific hagfish (<i>Eptatretus stoutii</i>)
McCormick et al., 2020	Microplastic exposure interacts with habitat degradation to affect behaviour and survival of juvenile fish in the field
McCornick et al., 2019	Diet cues and their utility for risk assessment in degraded habitats
McMillan et al., 2018	Partial female migration and cool-water migration pathways in an overfished shark
Megarajan et al., 2019	Molecular detection of betanodavirus in orange-spotted grouper (<i>Epinephelus coioides</i>) broodstock maintained in recirculating aquaculture systems and sea cages
Mensing, 2020	American eel behavior and survival in an impounded river system
Middlemiss et al., 2018	Lateralisation of visual function in yellow-eyed mullet (<i>Aldrichetta forsteri</i>) and its role inschooling behaviour
Mireles et al., 2019	Site fidelity, vertical movement, and habitat use of nearshore reef fishes on offshore petroleum platforms in southern California
Mitterwallner, 2020	Reproductive timing and investment decisions of a protogynous, hermaphroditic coral reef fish species
Montorio et al., 2018	Intra- and interspecific densities shape life-history traits in a salmonid population
Moorhead, 2019	Variation of body condition and plasma metabolites in a population of South Florida Nurse Sharks, <i>Ginglymostoma cirratum</i>
Morales, 2020	Ecología de los principales depredadores marinos en la ecorregión de isla de pascua: una línea de base para el manejo y la conservación
Morrice et al., 2020	Environmental and behavioral controls on juvenile Chinook salmon migration pathways in the Columbia River estuary
Mourier et al., 2019	Visitation patterns of camouflage groupers <i>Epinephelus polyphkadion</i> at a spawning aggregation in Fakarava inferred by acoustic telemetry
Murie y Parkyn, 2018	Release mortality of Gulf of Mexico greater amberjack from commercial and recreational hook-and-line fisheries: Integration of fishing practices, environmental parameters, and fish physiological attributes
Murphy, 2018	Social and ecological dimensions of the Striped Bass (<i>Morone saxatilis</i>) fisheries in southern New England
Murray et al., 2019	Movement patterns of an endemic South African sparid, the black musselcracker <i>Cymatoceps nasutus</i> , determined using mark-recapture methods

Myers, 2019	Business in the estuary, party in the sea: migration patterns of striped mullet (<i>Mugil cephalus</i>) within the indian river lagoon complex
Nalesso et al., 2019	Movements of scalloped hammerhead sharks (<i>Sphyrna lewini</i>) at Cocos Island, Costa Rica and between oceanic islands in the Eastern Tropical Pacific
Nay et al., 2020	Regulate or tolerate: Thermal strategy of a coral reef flat resident, the epaulette shark, <i>Hemiscyllium ocellatum</i>
Nay, 2019	Temperature preferences of tropical fishes and the influence of local abiotic and biotic factors.
Nelson et al., 2019	Repeatability of hypoxia tolerance of individual juvenile striped bass morone saxatilis and effects of social status
Nguyen et al., 2019	Host choice and fitness of anemonefish <i>Amphiprion ocellaris</i> (Perciformes: Pomacentridae) living with host anemones (Anthozoa: Actiniaria) in captive conditions
Nielsen, 2019	Multi-scale movement of demersal fishes in alaska
Novak et al., 2020	Scale of biotelemetry data influences ecological interpretations of space and habitat use in yellowtail snapper
Novak et al., 2020	Inferring residency and movement patterns of horse-eye jack <i>Caranx latus</i> in relation to a Caribbean marine protected area acoustic telemetry array
Novak, 2018	“Movers and Stayers” Movement Ecology of Yellowtail Snapper <i>Ocyurus chrysurus</i> and Horse-eye Jack <i>Caranx latus</i> Around Buck Island Reef National Monument, U.S. Virgin Islands.
O'Connor et al., 2019	Live fast, die young: Behavioural and physiological impacts of light pollution on a marine fish during larval recruitment
Ogburn et al., 2018	Migratory connectivity and philopatry of cownose rays <i>rhinoptera bonasus</i> along the atlantic coast, usa.
Olsvik et al., 2019	Effects of agricultural pesticides in aquafeeds on wild fish feeding on leftover pellets near fish farms
Özgüla et al., 2019	Home range and residency of <i>Scorpaena porcus</i> and <i>Scorpaena scrofa</i> in artificial reefs revealed by fine-scale acoustic tracking
Paciorek et al., 2020	The influence of operational sex ratio on reproductive success in male sheepshead minnow (<i>Cyprinodon variegatus</i>)
Páez-rosas et al., 2020	Trophic preferences of three pelagic fish inhabiting
Pang, 2019	The Effect of Operational Sex Ratio on the Reproductive Biology of Two Sex-Changing Fish (<i>Rhinogobiops Nicholsti</i> and <i>Lythrypnus Dalli</i>)
Papastamatiou et al., 2018	Activity seascapes highlight central place foraging strategies in marine predators that never stop swimming
Peatman y Abascal, 2018	Spatiotemporal variability in bigeye tuna vertical distribution in the Pacific Ocean
Pedersen et al., 2020	Predation mortality from ambush and cruising predators on newly-settled 0- group gadoids

Pereira, 2018	Effects of the implementation of the MPAs from the Alentejo Coast on local fish communities and on some species with commercial/conservation interest
Perez et al., 2018	Connectivity mediated by seasonal bonefish (<i>Albula vulpes</i>) migration between the Caribbean Sea and a tropical estuary of Belize and Mexico
Perez et al., 2019	Influence of environmental variables on abundance and movement of bonefish (<i>Albula vulpes</i>) in the Caribbean Sea and a tropical estuary of Belize and Mexico
Perez et al., 2020	Towards a new shift in conservation and management of a fishery system and protected areas using bonefish (<i>Albula vulpes</i>) as an umbrella species in Belize and Mexico
Perkinson et al., 2018	Determining the stock boundary between South Atlantic and Gulf of Mexico managed stocks of Cobia, <i>Rachycentron canadum</i> , through the use of telemetry and population genetics
Pickholtz et al., 2018	Habitat utilization by an invasive herbivorous fish (<i>Siganusrivulatus</i>) in its native and invaded range
Picq et al., 2019	Behavioural syndromes as a link between ecology and mate choice: a field study in a reef fish population
Pilakout et al., 2019	Multigenerational exposure to elevated temperatures leads to a reduction in standard metabolic rate in the wild
Pratt et al., 2018	Partial migration of the nurse shark, <i>Ginglymostoma cirratum</i> (Bonnaterre), from the Dry Tortugas Islands
Prokkola et al., 2019	Behavioural and metabolic consequences after a single generation of angling selection in brown trout
Raby et al., 2018	Swim for it: effects of simulated fisheries capture on the post-release behaviour of four Great Barrier Reef fishes
Raby et al., 2020	Post-exercise respirometry underestimates maximum metabolic rate in juvenile salmon
Rangel y Johnson, 2019	Variation in metabolic rate and a test of differential sensitivity to temperature in populations of woolly sculpin (<i>Clinocottus analis</i>)
Rangel, 2018	Evaluating the effects of temperature on the metabolic rates of two sedentary marine fishes, the bluebanded goby, and the woolly sculpin
Reemeyer y Rees, 2020	Plasticity, repeatability and phenotypic correlations of aerobic metabolic traits in a small estuarine fish
Reyier et al. 2020	Residency and dispersal of three sportfish species from a coastal marine reserve: Insights from a regional-scale acoustic telemetry network
Rhodes et al., 2019	Grouper (Epinephelidae) spawning aggregations affect activity space of grey reef sharks, <i>Carcharhinus amblyrhynchos</i> , in Pohnpei, Micronesia
Riley et al., 2020	St Helena – Grouper (<i>Epinephelus adscensionis</i>) CR071: Fisheries Advice - Management and Research Strategy
Roche et al., 2019	Behavioural lateralisation in a detour test is not repeatable in fishes

Rodde et al., 2020	Variations in isotope incorporation rates and trophic discrimination factors of carbon and nitrogen stable isotopes in scales from three European sea bass (<i>Dicentrarchus labrax</i>) populations
Romero et al., 2020	Movement patterns of juvenile Atlantic tarpon (<i>Megalops atlanticus</i>) in Brewers Bay, St. Thomas US Virgin Islands
Rosende-Pereiro Corgos, 2018	y Pilot acoustic tracking study on young of the year scalloped hammerhead sharks, <i>Sphyrna lewini</i> , within a coastal nursery area in Jalisco, Mexico
Roskar, 2019	Characterization of elasmobranch community dynamics in the indian river lagoon
Rudershausen et al., 2019	Survival and density of a dominant fish species across a gradient of urbanization in north carolina tidal creeks
Rudershausen et al., 2019	Effectiveness of venting and descender devices at increasing rates of postrelease survival of black sea bass
Rueger et al., 2019	Extra-pair mating in a socially monogamous and paternal mouthbrooding cardinalfish
Rueguer et al., 2018	Site fidelity facilitates pair formation in aggregations of coral reef cardinalfish
Runde et al. 2020	Assigning fates in telemetry studies using hidden markov models: an application to deepwater groupers released with descender devices
Runde et al., 2019	Low discard survival of gray triggerfish in the southeastern US hook-and-line fishery
Runde y Buckel, 2018	Descender devices are promising tools for increasing survival in deepwater groupers
Sakanoue y Sakal, 2019	Dual social structures in harem-like colony groups of the coral-dwelling damselfish <i>Dascyllus reticulatus</i> depending on body size and sheltering coral structures
Salter, 2019	Effects of barotrauma on four species of pacific rockfishes (sebastes spp.)
Santhar et al., 2020	Hatchery seed production and cage farming of Tiger grouper <i>Epinephelus fuscoguttatus</i> (Forsskal 1775) in Andaman and Nicobar Islands, India
Scherrer y Weng, 2020	Evaluating movements of opakapaka (<i>Pristipomoides filamentosus</i>) relative to a restricted fishing area by using acoustic telemetry and a depth-constrained estimator of linear home ranges
Scherrer, 2019	Going off the deep end fishery reserves and considerations for the management of deep-water demersal fishes
Schlaff et al., 2020	Sex-based differences in movement and space use of the blacktip reef shark, <i>Carcharhinus melanopte</i>
Schram & Steele, 2020	Experimental evidence of resilience to size-selective harvesting in a protogynous hermaphroditic reef fish, <i>Rhinogobiops nicholsii</i>
Schwartzbach et al., 2020	Atlantic cod <i>Gadus morhua</i> save energy on stone reefs: implications for the attraction versus production debate in relation to reefs
Schweitzer et al., 2020	Implications and Utility of DNA Barcoding
Scott et al., 2019	Latitudinal and seasonal variation in space use by a large, predatory reef fish, <i>Plectropomus leopardus</i>

Shen et al., 2020	Estimating heart rate and detecting feeding events of fish using an implantable biollogger
Sherman et al., 2020	RAD-Seq Analysis and <i>in situ</i> monitoring of nassau grouper reveal fine-scale population structure and origins of aggregating fish
Shertzer et al., 2018	Release mortality of endangered Warsaw grouper <i>Hyporthodus nigritus</i> : a state-space model applied to capture-recapture data
Shertzer et al., 2019	Estimating population abundance at a site in the open ocean: Combining information from conventional and telemetry tags with application to gray triggerfish (<i>Balistes capriscus</i>)
Simmons y Stephen, 2019	Competitive interactions between gray triggerfish (<i>Balistes capriscus</i>) and red snapper (<i>Lutjanus campechanus</i>) in laboratory and field studies in the northern Gulf of Mexico
Skubel et al., 2020	A scalable, satellite-transmitted data product for monitoring high-activity events in mobile aquatic animals
Slesinger et al., 2019	The effect of ocean warming on black sea bass (<i>Centropristis striata</i>) aerobic scope and hypoxia tolerance
Smith, 2019	Conceptual and applied approaches to marine invasions
Southeast Area Monitoring and Assessment Program	Southeast area monitoring and assessment program management plan 2016-2020
Spinks et al., 2020	Sex- and time-specific parental effects of warming on reproduction and offspring quality in a coral reef fish
Steel et al., 2020	Applying the mean free-path length model to juvenile Chinook salmon migrating in the Sacramento River, California
Stewart et al., 2020	Latitudinal variation in growth rates and limited movement patterns revealed for east-coast snapper <i>Chrysophrys auratus</i> through long-term cooperative-tagging programs
Strowbridge, 2020	Intraspecific variation and plasticity in rainbow trout responses to climate change stressors
Suvi et al., 2019	Transgenerational endocrine disruption? Experimental copper exposure, but not heat stress, leads to elevated egg thyroid hormone levels
Suvi et al., 2019	Experimental copper exposure, but not heat stress, leads to elevated intraovarian thyroid hormone levels
Suvi et al., 2020	Experimental copper exposure, but not heat stress, leads to elevated intraovarian thyroid hormone levels in three-spined sticklebacks (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)
Swezey et al., 2020	Estimating the discard mortality of atlantic cod in the southern gulf of maine commercial lobster fishery
Swezey, 2018	Estimating the post-release mortality of atlantic cod (<i>gadus morhua</i>) in the southern gulf of maine commercial lobster fishery
Tan et al., 2019	Body Size and Morphological Characteristics in sex determination of Humphead Wrasse <i>Cheilinus undulatus</i> in captivity
Taylor et al., 2018	Investigating the Functional Role of an Artificial Reef Within an Estuarine Seascape: a Case Study of Yellowfin Bream (<i>Acanthopagrus australis</i>)

Taylor et al., 2018	Applying acoustic telemetry to understand contaminant exposure and bioaccumulation patterns in mobile fishes
Therrien, 2018	The effect of shelter availability on foraging in Atlantic salmon The effect of shelter availability on foraging in Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) (<i>Salmo salar</i>)
Tomatsu et al., 2018	Multi-male group and bidirectional sex change in the gobiid fish, <i>Trimma caudomaculatum</i>
Uehara et al., 2019	Effectiveness of deepwater marine protected areas: Implication for Okinawan demersal fisheries management
Velasco-Blanco et al., 2019	Thermal preference, tolerance, and thermal aerobic scope in clownfish <i>Amphiprion ocellaris</i> (Cuvier, 1830) predict its aquaculture potential across tropical regions
Vierus et al., 2018	Discovery of a multispecies shark aggregation and parturition area in the Ba Estuary, Fiji Islands
Wang et al., 2018	Study of fish behavior using acoustic fish tags and wireless tracker
Waterhouse, 2018	Leveraging reproductive aggregations of marine fishes to generate observations and synthesis in support of fisheries restoration and conservation
Waterhouse et al., 2020	Recovery of critically endangered Nassau grouper (<i>Epinephelus striatus</i>) in the Cayman Islands following targeted conservation actions
Watz et al., 2018	Wood addition in the hatchery and river environments affects post-release performance of overwintering brown trout
Weideli et al., 2019	Same species, different prerequisites: investigating body condition and foraging success in young reef sharks between an atoll and an island system
Werry et al., 2018	Rainfall and sea surface temperature: key drivers for occurrence of bull shark, <i>Carcharhinus leucas</i> , in beach areas
White et al., 2019	Quantifying habitat selection and variability in habitat suitability for juvenile white sharks
Wiernicki et al., 2020	The recurring impact of storm disturbance on black sea bass (<i>Centropristis striata</i>) movement behaviors in the Mid-Atlantic Bight
Wiernicki, 2019	The effect of summer storm events as a disturbance on the movement behaviors of black sea bass in the southern mid-atlantic bight
Wilson et al., 2019	Atlantic tarpon (<i>Megalops atlanticus</i>) nursery habitats: evaluation of habitat quality and broad-scale habitat identification
Winter y Graaf, 2019	Diversity, abundance, distribution and habitat use of reef-associated sharks in the Dutch Caribbean
Wolfe et al., 2020	Physiological mechanisms linking cold acclimation and the poleward distribution limit of a range-extending marine fish
Wright et al., 2018	Structure in a sea of sand: fish abundance in relation to man-made structures in the North Sea
Wuitchik et al., 2018	Physical tidepool characteristics affect age- and size-class distributions and site fidelity in tidepool sculpin (<i>Oligocottus maculosus</i>)

Zanella et al., 2019	Golfo Dulce: critical habitat and nursery area for juvenile scalloped hammerhead sharks <i>Sphyrna lewini</i> in the Eastern Tropical Pacific Seascape
Zarada et al., 2019	Estimating site-specific spawning parameters for a spawning aggregation: an example with spotted seatrout
Zathey, 2018	Effects of water temperature, rearing temperature and population on swimming performance and temperature preference in Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>).
Zemeckis et al., 2019	Identifying the distribution of Atlantic cod spawning using multiple fixed and glider-mounted acoustic technologies

ANEXO 2: PAUTAS DE SUPERVISIÓN

Indicadores de bienestar animal durante el procedimiento de marcaje.

Fecha: _____

Especie	Largo total (cm)	Peso (gr)	Sexo/estado reproductivo	Procedimiento a realizar

Entorno físico aclimatación	Indicador	Observaciones
Aclimatación posterior a la captura (minutos)		
Temperatura del agua		
Concentración de oxígeno del agua		
pH del agua		
Densidad (gr/m ³)		

Salud individuo	Indicador	Observaciones
Movimientos operculares por minuto		
Agallas (coloración, integridad, homogeneidad del color, inflamación, etc)		
Integridad de la piel y aletas (detectar lesiones, pérdida de escamas, etc)		
Presencia de citarices antiguas		

Manejos y procedimientos	Indicador	Observaciones
Nivel de experiencia personal de marcado		
Soporte ventilatorio		

Estado anestésico en el que se realiza el procedimiento de marcado (según tabla 6)		
Tiempo en baño de inmersión anestésica		
Duración del procedimiento de marcado		
Marcaje utilizado		
ID marcaje		
Uso de antibiótico		
Complicaciones durante el procedimiento		
Mortalidad (describir en qué proceso ocurrió: captura, aclimatación, baño de inmersión, procedimientos, recuperación o liberación).		

Recuperación	Indicador	Observaciones
Movimientos operculares por minuto		
Coloración agallas		
Recupera comportamiento y nado natural de la especie		
Mantiene una interacción normal según especie con los demás individuos (indiferencia, agresividad, comunicación)		
Nivel de recuperación que logra el pez a liberar (según tabla 7)		
Liberación (apropiada, presencia de depredadores, respuesta del individuo)		

Indicadores de bienestar animal en peces recuperados.

ID	Especie	Largo total (cm)	Peso (gr)	Fecha marcaje	Fecha recaptura	Tiempo libertad

Salud		Observaciones
Agallas (coloración, integridad, homogeneidad del color, inflamación, etc)		
Condición corporal (disminuida o aumentada desde la captura)		
Integridad de la piel y aletas (detectar lesiones, coloración, cicatrices)		
Área de inserción del marcaje (cicatrización, inflamación, eritema, edema, necrosis, infección, presencia/ausencia de suturas, retención del marcaje)		
Movimientos operculares por minuto		