



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

“DISEÑO DE MÉTODO PARA FIJACION DE DISPOSITIVOS
BIOTELEMETRICOS EN PECES DE INTERES COMERCIAL”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

BIOLOGO

ERICK ALEXANDER VERA MACIAS

ANDRES MANUEL NAVARRETE ZAMBRANO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a ...

Mi familia, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por apoyarme en cada decisión y proyecto. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a su inmensa bondad y apoyo, lo difícil de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

Mi universidad, por haberme permitido formarme en ella. De igual manera agradecer a todos los compañeros que fueron partícipes en este proyecto.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a ...

Mis queridos padres por sus consejos y apoyo incondicional, por su paciencia y esfuerzos al educarme de la mejor manera posible.

A todos los profesores que durante la carrera tuve el agrado de conocer; de los cuales no sólo obtuve conocimientos académicos sino también consejos, vivencias y experiencias útiles en cualquier ámbito de la vida.

EVALUADOR DEL PROYECTO

.....
Paolo Piedrahita Piedrahita

Tutor Proyecto Integrador

.....
Diego Gallardo Pólit

Profesor Materia Integradora

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Andrés Navarrete Zambrano

.....
Erick Vera Macías

RESUMEN

Muchas especies marinas son difíciles de estudiar porque los componentes de sus ciclos de vida ocurren únicamente o parcialmente fuera del dominio observable de los investigadores. Los avances tecnológicos han permitido mejoras en cuanto al uso que se le da a etiquetas biológicas para fines investigativos, permitiendo un mayor entendimiento de la ecología de especies marinas con interés comercial. Sin embargo, muchas de estas etiquetas requieren de un método invasivo para poder fijarse a la especie, lo que normalmente requiere que los animales sean contenidos y puedan tener consecuencias significativas para la supervivencia y comportamiento individual. Por lo tanto, existe la necesidad de contar con nuevos métodos no invasivos que permitan unir una etiqueta biológica a peces de interés comercial. Se desarrolló con éxito un sistema de fijación externo con abrazaderas de acero inoxidable y un único sistema pasivo de liberación el cual al irse desgatando permite la liberación del soporte y la etiqueta en un tiempo determinado; el soporte puede permanecer fijo al pez lo cual produce poco o ningún efecto en los peces. El alcance de este nuevo método de fijación externo es muy alto debido a que no requiere que el pez sea restringido o estresado para el marcado, siendo aproximadamente 1 minuto el tiempo que se necesita para marcar un individuo. Algo de vital importancia es que no se requiere un laboratorio de alta tecnología para la creación del armazón, y que en un futuro se podría construir el armazón con materiales totalmente biodegradables con la finalidad de fomentar la realización de más estudios sobre la ecología y fisiología de las especies en peligro de extinción a causa de la sobrepesca.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	iv
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1.....	12
1. TELEMETRÍA EN PECES	12
CAPÍTULO 2.....	17
2. MÉTODOS DE CAPTURA Y FIJACIÓN DE DISPOSTIVO BIOTELEMÉTRICO.....	17
CAPÍTULO 3.....	21
3. RESULTADOS ESPERADOS.....	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	26

ABREVIATURA

Etc: Etcétera

Argos: Advanced research and global observation satellite

Vhf: Very High Frequency

PLA: Ácido poliláctico

TAIC: Isocianurato de trialilo

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 2.1: Línea de mano como arte de pesca

Figura 2.2: Espinel artesanal como arte de pesca

Figura 3.1: Abrazadera de fijación

Figura 3.2: Implantación de abrazadera en aleta dorsal de tilapia

Figura 3.3: Tilapia en pecera como proceso de validación de la abrazadera

INTRODUCCIÓN

Muchas especies marinas de interés comercial son difíciles de estudiar porque las diferentes fases de sus ciclos de vida ocurren únicamente o parcialmente fuera del dominio observable para fines de investigación (White *et al.*, 2016).

Biotelemetría, es el proceso de transmisión de datos desde un animal conectado a un transmisor (*tag* por su nombre en inglés) a un sitio de recolección de datos. Estos avances tecnológicos han permitido fomentar un manejo sostenible por parte de las pesquerías industriales. Antes de la recopilación de datos telemétricos, es imprescindible que los investigadores conozcan y entiendan los posibles efectos que la presencia del transmisor y los procedimientos de fijación pueden tener en el comportamiento y la fisiología de los peces (Hammerschlag *et al.*, 2011).

Para permitir una correcta adhesión del transmisor, se pueden emplear numerosos métodos para anestésiar al pez de estudio, teniendo como resultado un impacto y eficacia variables. Después de la anestesia, se han desarrollado tres métodos estándar de fijación del transmisor: inserción externa, inserción intragástrica e implantación quirúrgica. Aunque cada método tiene ventajas y desventajas, su éxito depende en gran medida de factores como la especie, el entorno, el tamaño proporcional del transmisor en relación al pez, y la duración del estudio de telemetría. Además, cada método de unión puede afectar la fisiología y el comportamiento de los peces de diferentes maneras, con especial énfasis en las implicaciones para la acuicultura y los estudios relacionados con la pesca (Hammerschlag *et al.*, 2011).

- SITUACIÓN DEL PROBLEMA

Los métodos de fijación de dispositivos también conocido con el término “tagging” son métodos invasivos, es decir pueden conducir a consecuencias fisiológicas de corto y largo plazo. En atunes (*Thunnus*) por ejemplo el método más utilizado es la inserción intragástrica, sin embargo, lesiones expuestas al medio marino aumentan la susceptibilidad del individuo a infecciones bacterianas o proporcionan sitios de

fijación de parásitos (Hammerschlag *et al.*, 2011). La vida útil de la batería del dispositivo es corta (aproximadamente 2 meses), con lo cual el dispositivo deja de funcionar, pero sigue adherido al cuerpo del animal, y por consiguiente se presenta una degradación de tejido o infección en respuesta a la presencia de un “cuerpo extraño”, lo cual conlleva sin duda a la mortalidad del individuo.

- **JUSTIFICACIÓN DEL ABORDAJE DEL TEMA**

Se decidió abordar este tema debido a la preocupación que existe por el bienestar de los peces al momento de realizar un estudio de biotelemedicina, y es que se ha comprobado que las técnicas usadas para implantar dispositivos biotelemétricos en peces marinos son invasivas, provocando grandes efectos y perjuicios a estos animales (Bridger & Booth, 2003). Si bien es cierto que la biotelemedicina es una herramienta de gran utilidad, nosotros proponemos la posibilidad de optimizar sus técnicas de implantación y así reducir el impacto que causan.

- **DECLARACIÓN DE OBJETIVOS:**

○ GENERAL

Diseñar un método de fijación no invasivo de dispositivos biotelemétricos para peces de interés comercial, utilizando como materia prima bioplásticos para el promover el manejo sostenible en pesquerías industriales.

○ ESPECÍFICOS

Crear un sistema de armazón de soporte para fijación de dispositivo biotelemétrico.

Implementar un mecanismo pasivo para liberación automática del sistema de soporte.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN GENERAL

1. TELEMETRÍA EN PECES

1.1 BIOTELEMETRÍA: IMPORTANCIA Y USOS EN PECES COMERCIALES

La biotelemedría es la medición remota de factores fisiológicos, conductuales o energéticos del animal en estudio. Mediante la implantación de transmisores se puede obtener, transmitir y registrar una gran cantidad de información acerca del animal; como por ejemplo su movimiento, actividad y reacción a variables ambientales (Ross & Howard, 1981).

Debido a estos avances tecnológicos, a partir de la década de los 90 se ha podido mejorar la comprensión de como los animales interactúan entre sí y su entorno; de hecho, las mejoras en las técnicas y equipos de telemetría como receptores y transmisores, ha permitido la georeferenciación precisa y simultánea de organismos en tiempo real en la mayoría de los ambientes. Actualmente se considera a la biotelemedría como una herramienta que debe utilizarse en estudios de ecología conductual y fisiológica (Cooke *et al.*, 2004).

Diversos estudios han destacado el uso de dispositivos de biotelemedría para obtener información de peces de interés comercial; Dagorn *et al.* (2000) analizó movimientos horizontales y verticales en ejemplares del atún de ojos grandes (*Thunnus obesus*) utilizando telemetría ultrasónica; de igual manera Brill *et al.* (1999) en ejemplares del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) cerca del archipiélago de Hawái.

En otro estudio, Farrell *et al.* (2008), se utilizó biotelemedría para comprobar que la ocurrencia de un período de temperaturas anormalmente altas durante el 2004 en el río Fraser, Canadá, provocó altas tasas de mortalidad en poblaciones del salmón rojo (*Oncorhynchus nerka*) durante sus migraciones fluviales. Este estudio ha permitido predecir la probabilidad del éxito de la

migración de la especie según el flujo y la temperatura del río, como consecuencia del cambio climático.

La biotelemetría también ha permitido a los investigadores medir las velocidades de nado y estimar costos energéticos de la migración en especies como el salmón rosado (*Oncorhynchus gorbuscha*) y salmón rojo (*Oncorhynchus nerka*) (Hinch *et al.*, 2002).

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSMISORES EMPLEADOS EN BIOTELEMETRÍA

La telemetría es un sistema que se compone del equipo emisor de la señal (transmisor) y el equipo de recepción, aunque adicionalmente pueden existir sistemas de almacenamiento de datos después de la traducción de la señal.

Los transmisores pueden tener tantos sensores como se requiera, estos instrumentos son los encargados de producir una señal eléctrica a partir de la medición de alguna variable (temperatura, presión, etc.). La antena y batería son otros de los componentes fundamentales de los transmisores, siendo la batería el elemento más pesado del dispositivo (García y Suárez, 2008).

Los transmisores implantados en los animales obtienen una gran cantidad de datos que pueden ser transmitidos vía satélite, en donde satélites detectan y analizan la información usando el sistema de recopilación de datos y ubicación Argos. Otra forma de transmisión es la realizada a través de frecuencias de radio como la VHF, que aunque haya demostrado ser exitosa en la determinación de patrones de movimiento de individuos marcados, la técnica es considerada costosa, laboriosa, limitada por el clima y el estado del mar, y ofrece una cobertura geográfica limitada (Balmer *et al.*, 2014).

Es así entonces que la telemetría satelital, proporciona datos de ubicación e información sobre el comportamiento de animales marcados a través de un sistema de recolección de datos, que supera con creces las capacidades de seguimiento por frecuencia VHF (Cooke *et al.*, 2004).

En cuanto a transmisores utilizados en peces, Balmer *et al.* (2014), recomienda que las etiquetas tengan una forma hidrodinámica, que sea de fácil fijación y que no cubra gran parte de la aleta. Además, recomienda que sea de tamaño pequeño ya que esto minimiza la resistencia al avance y el daño de la aleta. El trabajo de Ross & Howard (1981), también recomienda que el peso de los transmisores externos en el agua sea inferior al 1,5% del peso del pez, esto con la finalidad de no afectar la capacidad natatoria del individuo.

1.3 MÉTODOS USADOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE TRASMISORES EN PECES

En el caso de los peces el transmisor puede ser adjuntado por montaje externo, inserción intragástrica o implantación quirúrgica en la cavidad peritoneal del animal.

El montaje externo consiste en colocar el dispositivo en la superficie del cuerpo del pez utilizando por lo general cables o alguna otra forma de fijación. Este método tiene la ventaja de ser rápido, ágil y menos invasivo para el animal; pero presenta un mayor riesgo de abrasión y pérdida del transmisor debido a enganches o enredos (Bridger & Booth, 2003).

En el método de inserción intragástrica, el transmisor por lo general es empujado desde la faringe a la cavidad abdominal del pez; la antena sale a través de la boca o arco branquial y es suturada externamente a lo largo del cuerpo. Finalmente, la implantación quirúrgica requiere una incisión para poder insertar el transmisor en la cavidad peritoneal del pez; este método es considerado como el que más puede causar infección al individuo (Bridger & Booth, 2003). Además, que aumenta considerablemente el tiempo de manipulación del organismo para la implantación del transmisor.

1.4 PERJUICIOS CAUSADOS POR LA IMPLANTACIÓN DE TRASMISORES EN PECES

Las técnicas de marcaje con dispositivos utilizados en el campo de la biotelemetría muchas veces son invasivas provocando efectos adversos en

animales marinos; la presencia de estos dispositivos en el cuerpo de los peces causa procesos infecciosos, lo cual a su vez debilitan al organismo siendo más susceptible a la depredación y al estrés ambiental (Ross & Howard, 1981).

A continuación se muestra una tabla que indica algunos efectos causados por la implantación de estos dispositivos en diversas especies de peces comerciales, según el método usado.

Efectos de la implantación de transmisores en diversas especies de peces

Método	Especie	Efecto	Referencia
Montaje externo	Salmón del atlántico (<i>Salmo salar</i>)	Daños musculares	Mellas y Haynes (1985)
		Reducción de tasa de crecimiento	Greenstreet y Morgan (1989)
		Heridas expuestas	Thorstad <i>et al.</i> (2000)
	Esturión de nariz corta (<i>Acipenser brevirostrum</i>)	Nado irregular	Collins <i>et al.</i> (2000)
	Lubina (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Reducción de tasa de crecimiento	Bégout-Anras <i>et al.</i> (2003)
	Bacalao (<i>Gadus morhua</i>)	Disminución de la velocidad de nado / mayor consumo de oxígeno	Steinhausen <i>et al.</i> (2006)
	<i>Oncorhynchus masou</i>	Reducción de tasa de supervivencia y de velocidad de nado	Makiguchi y Ueda (2009)

Inserción intragástrica	Salmón del atlántico (<i>Salmo salar</i>)	Reducción de tasa de alimentación	Armstrong y Rawlings (1993)
	Salmón chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	Reducción de tasa de alimentación y crecimiento	Adams <i>et al.</i> (1998a) / Jepsen <i>et al.</i> (2001)
Implantación quirúrgica	Salmón chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	Disminución de la velocidad de nado / mayor susceptibilidad a la depredación	Adams <i>et al.</i> (1998b)
		Aumento de niveles de cortisol y lactato post cirugía	Jepsen <i>et al.</i> (2001)
	<i>Coregonus nasus</i>	Aumento de tasa de mortalidad	Morris <i>et al.</i> (2000)

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2. Métodos de captura y fijación de dispositivo biotelemétrico

Con el fin de obtener peces con fines investigativos en buenas condiciones físicas para experimentos *in situ*, los métodos de captura y el manejo de los peces antes y durante el marcado son de particular importancia. Por lo general, los métodos de captura y manejo causan diferentes daños y factores estresantes a los peces debido a que muchas especies tienen diferente tolerancia a estos procedimientos; además, la vulnerabilidad al manejo puede variar durante las diferentes etapas de vida del individuo. Los métodos de captura y manipulación de peces en relación con el marcaje electrónico se basan en una selección de experimentos restringidos principalmente en peces marinos, con énfasis en las especies del Pacífico.

2.1 DISPOSITIVO BIOTELEMETRICO

El dispositivo biotelemétrico posee una batería interna para alimentar al transmisor y los sensores de localización, profundidad, temperatura y luminosidad. La transmisión de datos tiene un intervalo de una hora lo cual permite una mayor duración de la batería con un radio de alcance de hasta 1000 metros de profundidad. El dispositivo se monta en un armazón especialmente construido el cual consta de una abrazadera de acero inoxidable con resorte, una unión de magnesio que una vez que se corroe actúa como mecanismo pasivo por el cual todo el sistema se libera de la aleta.

Otros materiales pueden ser utilizados como sustituto del magnesio, tal es el caso de los bioplásticos. Son muchos los bioplásticos que pueden ser utilizados en este dispositivo, sin embargo, en este trabajo se propone la utilización del ácido poliláctico (PLA), el cual se ha comprobado que en agua de mar comienza a degradarse a partir de la primera semana (Tsuji & Suzuyoshi, 2002). Es así

entonces que alrededor de unos 2 meses se espera que la degradación de este material sea tal que permita la liberación de todo el dispositivo, y esto sería totalmente conveniente puesto que la batería tiene una duración similar.

De ser el caso que el dispositivo este configurado para emitir datos de manera menos continua y así la batería dure más, el PLA puede ser reticulado utilizando isocianurato de trialilo (TAIC), permitiendo así retrasar su degradación (Żenkiewicz, 2012) y que el dispositivo este fijado en el animal por mayor tiempo.

En cuanto a las dimensiones del armazón es necesario indicar que dependerán principalmente del tamaño del pez y del tiempo que se pretenda obtener datos según sea la configuración del dispositivo biotelemétrico, es así por ejemplo que el grosor y longitud de la unión de magnesio o bioplástico, variará según sea el tiempo que se quiera tener fijado el dispositivo en la aleta del pez.

2.2 METODOS DE CAPTURA

La elección de un método de captura (pesca) dependerá de la especie, densidad, ubicación y las posibles restricciones legales. Existen métodos especiales para capturar y marcar grandes especies pelágicas como los atunes, ya que son difíciles de manejar y sedar a bordo de un barco debido a su tamaño y fuerza. Un método común es la pesca con línea de mano (figura 2.1), a través del cual se pueden capturar peces de diversas especies y tamaños; sin embargo, para que tenga más selectividad se puede variar el tamaño y resistencia del anzuelo utilizado, y de igual manera el cebo debe ir acorde al tipo de pez en particular que se desea capturar.

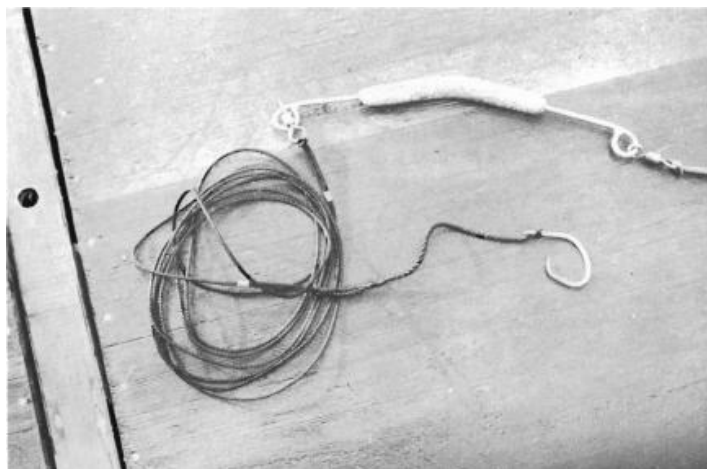


Figura 2.1: Línea de mano como arte de pesca. (Yuen, 1979)

También se puede usar espinel artesanal (figura 2.2) como arte de pesca (Moreno *et al.*, 2006), el cual consiste en un tipo de palangre cuyas líneas verticales cuentan con su propio flotador y peso, todas están conectadas por una sola línea horizontal que a su vez está anclada; de cada una de las líneas verticales cuelgan una serie de anzuelos. Este método resulta bastante útil al querer capturar peces que alcanzan mayores profundidades como por ejemplo el bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) (Reyes *et al.*, 2012).

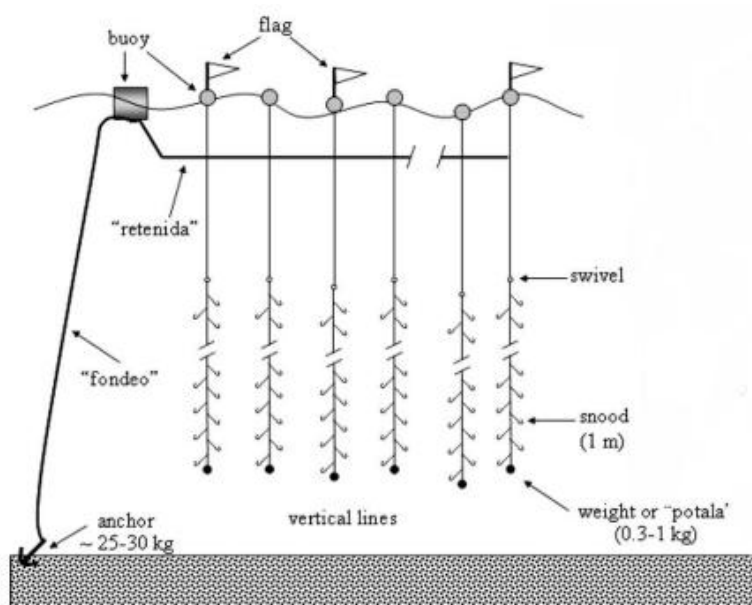


Figura 2.2: Espinel artesanal como arte de pesca. (Moreno *et al.*, 2006)

2.3 METODO DE FIJACIÓN DE DISPOSITIVO TRANSMISOR

Se recomienda que el dispositivo biotelemétrico sea fijado, a través del armazón propuesto en este trabajo, a la aleta dorsal del pez con la finalidad de que no intervenga en su movimiento. El procedimiento de montaje y fijación del dispositivo es bastante simple, por lo que podría tardar aproximadamente 1 minuto; posteriormente el pez debe ser devuelto a su hábitat de manera inmediata. Luego de este proceso se podría verificar la conexión del dispositivo al programa en la computadora para la recopilación de datos.

Este método es considerado no invasivo y no es necesario anestésiar al pez.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS ESPERADOS O PRELIMINARES

3. RESULTADOS ESPERADOS.

En este trabajo se presenta un nuevo sistema para el etiquetado de peces comerciales, el cual consiste en una abrazadera de fijación especialmente diseñada con almohadillas antideslizantes que poseen una superficie abrasiva, y que a su vez aseguran la abrazadera en la aleta hasta que la unión de magnesio se corroa ocasionando así su liberación (Figura 3.1). Esta característica es muy importante ya que tradicionalmente para etiquetar peces, se utilizan técnicas en las cuales el dispositivo biotelemétrico se queda para siempre en el pez, ya sea interna o externamente.

En este primer prototipo se utilizó magnesio como material de unión, sin embargo también se propone el bioplástico PLA como otra opción, ya que puede ser bien aprovechado su alta biodegradabilidad como mecanismo pasivo de liberación; de esta forma se impulsa el uso de materiales no contaminantes en peces de interés comercial o para fines de preservación y protección de especies en peligro

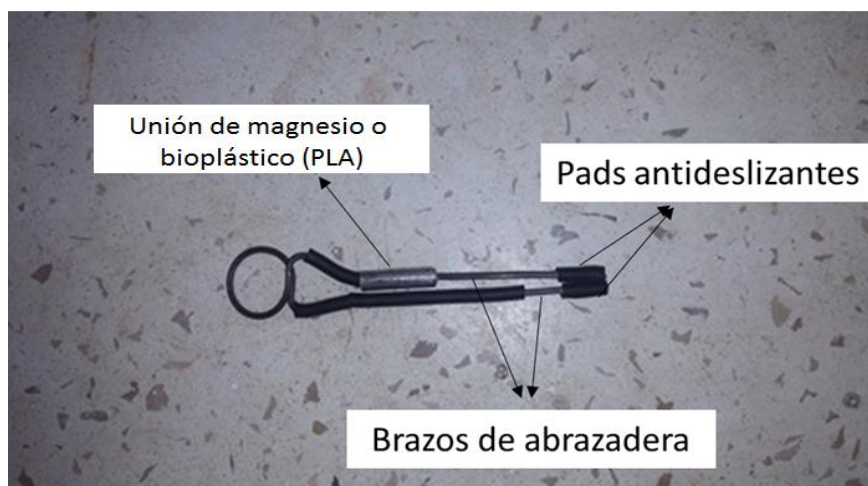


Figura 3.1: Abrazadera de fijación

A través de la implementación de este nuevo sistema de fijación, se pretende reducir los perjuicios y tasas de mortalidad que causa el uso de métodos invasivos, con la confianza de que el dispositivo biotelemétrico pueda estar en el pez el tiempo deseado. La validación de este prototipo fue realizada utilizando tilapias (*Oreochromis sp*) debido a que se presentaron limitaciones al conseguir otras especies. Se trabajó con dos tilapias en cuyas aletas dorsales se implantó la abrazadera (figura 3.2), pero como sólo se contaba con una los peces fueron marcados en tiempos diferentes. Es así entonces que cada tilapia estuvo con la abrazadera en su aleta dorsal un lapso de 24 horas, obteniéndose resultados favorables ya que en los dos peces la abrazadera se mantuvo fijada todo este tiempo.



Figura 3.2: implantación de abrazadera en aleta dorsal de tilapia

Este proceso de validación fue llevado a cabo en peceras tal y como se puede observar en la figura 3.3, y aunque se comprobó que la abrazadera puede mantenerse fijada en los peces, es necesario indicar que sus movimientos y velocidad con que se desplazan no son los mismos cuando se encuentran en su

medio natural; por lo tanto una desventaja de este experimento es que no garantiza los mismos resultados cuando los peces se encuentren en el mar.



Figura 3.3: Tilapia en pecera como proceso de validación de la abrazadera

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se creó con éxito una nueva herramienta para fijar externamente dispositivos biotelemétricos en peces de interés comercial, lo que permitiría la recopilación de una gran cantidad de datos tales como rutas migratorias, dinámica poblacional y stocks para pesca.
2. Este nuevo sistema de fijación se caracteriza por no ser invasivo ya que cuenta con un sistema pasivo de auto liberación, reduciendo así efectivamente efectos negativos sobre el individuo y cualquier trauma posterior al etiquetado.
3. La unión del armazón fue hecha con magnesio, sin embargo, también puede ser elaborada utilizando materiales biodegradables, siendo el PLA una muy buena opción.
4. La elaboración de este armazón de fijación, que pudo construirse sin la necesidad de un taller de alta tecnología, fomenta la realización de más estudios sobre la ecología y fisiología de las especies en peligro de extinción a causa de la sobrepesca.
5. La auto liberación del armazón y dispositivo biotelemétrico es muy beneficioso para el pez puesto que la batería del dispositivo tiene un tiempo limitado de duración, siendo innecesaria la presencia de este cuerpo extraño en el individuo por mayor tiempo.

Recomendaciones

1. Se debe validar el prototipo en el mar utilizando diferentes especies de peces.
2. Se sugiere la realización de estudios sobre la factibilidad de utilizar materiales biodegradables en la elaboración de sistemas de fijación para dispositivos biotelemétricos.

3. Se recomienda elaborar estudios complementarios a este trabajo, que permitan desarrollar dimensiones exactas de la abrazadera para diferentes rangos de tamaño de los peces.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, N., Rondorf D., Evans, S., Kelly, J. (1998a) Effects of surgically and gastrically implanted radio transmitters on growth and feeding behavior of juvenile chinook salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 127: 128–136
- Adams, N., Rondorf, D., Evans, S., Kelly, J., Perry, R. (1998b) Effects of surgically and gastrically implanted radio transmitters on swimming performance and predator avoidance of juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55: 781–787
- Armstrong, J., Rawlings, C. (1993) The effect of intragastric transmitters on feeding behavior of Atlantic salmon, *Salmo salar*, parr during autumn. *J. Fish Biol.*, 43: 646–648
- Balmer, B., Wells, R., Howle, L., Barleycorn, A., McLellan, W., Ann Pabst, D., Rowles, T., Schwacke, L., Townsend, F., Westgate, A., Zolman, E. (2014) Advances in cetacean telemetry: a review of single-pin transmitter attachment techniques on small cetaceans and development of a new satellite-linked transmitter design. *Mar. Mamm. Sci.* 30, 656–673
- Bégout-Anras, M., Coves, D., Dutto, G., Laffargue, P., Lagardere, F. (2003) Tagging juvenile seabass and sole with telemetry transmitters: medium-term effects on growth. *ICES J Mar Sci* 60:1328–1334
- Bridger, C., Booth, R. (2003) The Effects of Biotelemetry Transmitter Presence and Attachment Procedures on Fish Physiology and Behavior, *Reviews in Fisheries Science*, 11:1, 13-34
- Brill, R., Block, B., Boggs, C., Bigelow, K., Freund, E., Marcinek, D. (1999) Horizontal movements and depth distribution of large adult yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: Implications for the physiological ecology of pelagic fishes. *Mar. Biol.* 133,395-408

- Collins, M., Cooke, D., Smith, T. (2000) Telemetry of shortnose and Atlantic sturgeons in the southeastern USA. pp 17–23 In: Biotelemetry 15: Proceeding of the 15th International Symposium on Biotelemetry. (Eiler, J. H., D. J. Alcorn, and M. R. Neuman, Eds.). Juneau, Alaska USA. International Society on Biotelemetry, Wageningen, The Netherlands
- Cooke, S., Hinch, S., Wikelski, M., Andrews, R., Kuchel, L., Wolcott, T., Butler, P. (2004) Biotelemetry: A mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 19:334–343
- Dagorn, L., Bach, P., Josse, E. (2000) Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using ultrasonic telemetry. *Mar. Biol.* 136: 361–371.
- Farrell, A., Hinch, S., Cooke, S., Patterson, D., Crossin, G., Lapointe, M. and Mathes, M. (2008) Pacific salmon in hot water: applying aerobic scope models and biotelemetry to predict the success of spawning migrations. *Physiol. Biochem. Zool.* 81, 697-708
- García, M., Suárez, D. (2008) Módulo de telemetría inalámbrico para el monitoreo de señales de presión, temperatura y nivel. (tesis de pregrado). Facultad de ingeniería electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia
- Greenstreet, S., Morgan, R. (1989) The effect of ultrasonic tags on the growth rates of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr of varying size just prior to smolting. *J. Fish Biol.* 35: 301–309
- Hammerschlag, N., Gallagher, A., Lazarre, D. (2011) A review of shark satellite tagging studies. *J Exp Mar Biol Ecol* 398: 1–8
- Hinch S., Standen, E., Healey, M., Farrell, A. (2002) Swimming patterns and behaviour of upriver migrating adult pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and

sockeye (*O. nerka*) salmon as assessed by EMG telemetry in the Fraser River, British Columbia, Canada. *Hydrobiologia* 165:147–160.

- Jepsen, N., Davis, L., Schreck, C., Siddens, B. (2001) The physiological response of chinook salmon smolts to two methods of radio-tagging. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 130: 495–500
- Makiguchi, Y., Ueda, H. (2009) Effects of external and surgically implanted dummy radio transmitters on mortality, swimming performance and physiological status of juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou*. *J Fish Biol* 74:304–311
- Mellas, E., Haynes, J. (1985) Swimming performance and behavior of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and white perch (*Morone americana*): Effects of attaching telemetry transmitters. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*, 42: 488–493
- Moreno, C., Arata, J., Rubilar, P., Hucke-Gaete, R., Robertson, G. (2006) Artisanal longline fisheries in southern Chile: lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. *Biol. Conserv.*, 127(1): 27-36.
- Morris, W., Follmann, E., George, J., O'Hara, T. (2000) Surgical implantation of radio transmitters in Arctic broad whitefish in Alaska. pp 193–201 In: *Biotelemetry 15: Proceeding of the 15th International Symposium on Biotelemetry*. (Eiler, J. H., D. J. Alcorn, and M. R. Neuman, Eds.). Juneau, Alaska USA. International Society on Biotelemetry, Wageningen, The Netherlands
- Reyes, A., Kido, R., Moreno, C. (2012) Captura y mantención de *Dissostichus eleginoides* para conformar un plantel de reproductores. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(4), 1066-1071.
- Ross, M., Howard, J. (1981) Effects of external radio transmitters on fish. *Prog. Fish-Cult.* 43:67-72.

- Steinhausen, M., Andersen, N., Steffensen, J. (2006) The effect of external dummy transmitters on oxygen consumption and performance of swimming Atlantic cod. *Journal of Fish Biology* 69, 951–956
- Thorstad, E., Økland, F., Finstad, B. (2000) Effects of telemetry transmitters on swimming performance of adult Atlantic salmon. *J. Fish Biol.*, 57: 531–535.
- Tsuji, H., Suzuyoshi, K. (2002) Environmental degradation of biodegradable polyesters:2. Poly(*e*-caprolactone), poly[(*R*)-3-hydroxybutyrate], and poly(*l*-lactide) films in natural dynamic seawater. *Polym Degrad Stab*;75:357–63.
- White, C., Lin, Y., Clark, C., Lowe, C. (2016) Human vs robot: Comparing the viability and utility of autonomous underwater vehicles for the acoustic telemetry tracking of marine organisms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 485, 112-118
- Yuen, H. (1979) A night handline fishery for tunas in Hawaii. *Mar. Fish. Rev.* 41, 7–14
- Żenkiewicz, M., Malinowski, R., Rytlewski, P., Richert, A., Sikorska, W., Krasowska, K. (2012) Some composting and biodegradation effects of physically or chemically crosslinked poly(lactic acid). *Polym Test*;31:83–92.