

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Posgrados**

**Respuestas fisiológicas a la captura incidental y posterior liberación del tiburón punta negra: *Carcharhinus limbatus*, por trasmallo en San Cristóbal, Islas Galápagos**

**Trabajo de Titulación presentado como requisito para la obtención del título de Maestría en Gestión Ambiental con mención en Manejo de Socio ecosistema.**

**Karen Viviana Ascencio Lárraga**

**Alex Hearn, PhD.**

**Susana Cárdenas, PhD.**

**Directores de Trabajo de Titulación**

Puerto Baquerizo Moreno, 20 de agosto del 2021.

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**  
**COLEGIO DE POSGRADOS**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Respuestas fisiológicas a la captura incidental y posterior liberación del  
tiburón punta negra: *Carcharhinus limbatus*, por trasmallo en San  
Cristóbal, Islas Galápagos**

**Karen Viviana Ascencio Lárraga**

Nombre del Director del Programa: Diana Alexandra Pazmiño Jaramillo  
Título académico: PhD.  
Director del programa de: Posgrados Maestría en Gestión Ambiental

Nombre del Decano del colegio Académico: Carlos Amilcar Valle Castillo  
Título académico: PhD.  
Decano del Colegio: Ciencias Biológicas y Ambientales  
(COCIBA)

Nombre del Decano del Colegio de Posgrados: Hugo Burgos Yáñez  
Título académico: PhD.

**Quito, agosto 2021**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: Karen Viviana Ascencio Lárraga

Código de estudiante: 00215892

C.I.: 2000117347

Lugar y fecha: Puerto Baquerizo Moreno,  
20 de agosto de 2021

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su apoyo incondicional en cada paso que doy, desde siempre. La vida no pudo darme mejores padres que ellos. A mi hermano David, a quien amo infinitamente y me ayuda a ver la vida desde otra perspectiva, pero sobre todo a buscar el camino de la felicidad desde mi paz interior. A mi hermano Gabriel, que brilla en el cielo, y me motiva a trabajar cada día en ser una mejor persona y un mejor ser humano para este mundo.

Dedicado a todas las personas con las que he coincidido en este hermoso camino de la vida, por siempre en mi corazón.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la USFQ por su formación académica, a mis profesores, en especial a mis tutores de tesis Alex y Susi. Al financiamiento de Galapagos Conservation Trust, Nacional Marine Aquarium y Rufford Small Grant #29452-2 otorgado a Yasuní Chiriboga, quienes hicieron posible este proyecto de investigación.

A mi equipo de trabajo, asistentes de campo y a las personas quienes contribuyeron enormemente a que este trabajo fuese posible, en especial a: Laia Muñoz, Carolina Estrada, Jason Castañeda, Gislayne Mendoza, Diana Pazmiño, Jonathan Guillen, Daniel Armijos y Diego Urquía. A mis amigas de toda la vida: Abigail Campoverde, Karen Sevilla, Gema Arévalo, Dagmar Vacas, quienes están siempre en las buenas y en las malas, y en cada momento importante de mi vida. A los amigos que el camino de la vida me ha presentado, a mis compañeros de la maestría, especialmente a: Doris León y Yasmania Llerena; y a todas las personas con las que he compartido, enseñado y aprendido algo para continuar creciendo y mejorando cada día más.

## RESUMEN

Los tiburones juveniles *Carcharhinus limbatus* son susceptibles a la pesca incidental por trasmallo en las bahías alrededor de las Islas Galápagos. Su pesca y comercio se encuentra prohibida por lo que son en su mayor parte liberados, vivos o muertos. Ningún estudio en Galápagos ha cuantificado los efectos fisiológicos asociados a la pesca incidental con trasmallo, al estrés por captura y liberación, o el índice de mortalidad (RAMP) evaluado con respecto al tiempo de lucha, índice de masa corporal (BMI), y deterioro de reflejos de respuesta. Se evaluaron 95 tiburones de la especie *Carcharhinus limbatus* evidenciando el aumento en los parámetros sanguíneos analizados como glucosa y lactato, asociados al tiempo de enganche en la red. Asimismo, se registraron correlaciones con factores ambientales como la temperatura del agua, y las medidas morfométricas; y más del 95% de los tiburones mostraron deterioro en al menos uno de sus reflejos. Entender la naturaleza de estos efectos sobre las especies permite mejorar las prácticas en la pesca, como clave para el desarrollo de una pesca artesanal sustentable dentro de la Reserva Marina de Galápagos (RMG).

**Palabras clave:** *Carcharhinus limbatus*, tiburón punta negra, estrés, captura y liberación, respuestas fisiológicas, índice de mortalidad, pesca incidental, Galápagos.

## ABSTRACT

Juvenile blacktip sharks *Carcharhinus limbatus* are susceptible to bycatch in the bays around the Galapagos Islands. Their fishing and trade is prohibited so they are mostly released, alive or dead. The physiological impacts of entanglement and release are, to date, unknown. Here, we measured their catch and release response of 95 sharks with respect to fight time. They showed an increase in blood glucose and lactate levels, which were correlated with the length of the fight time. Likewise, we found correlations with environmental factors such as water temperature and morphometric measurements; and 95% of the sharks displayed deterioration of at least one of the reflexes. Understanding the nature of these effects on juvenile sharks makes it possible to improve fishing practices, as a key to the development of sustainable artisanal fishing within the Galapagos Marine Reserve (RMG).

**Key words:** *Carcharhinus limbatus*, blacktip shark, stress, catch and release, physiological responses, mortality rate, bycatch, Galapagos.



**TABLA DE CONTENIDO**

Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción .....	12-13
Revisión de la literatura.....	14-25
Metodología y diseño de la investigación .....	26-30
Análisis de datos.....	31-39
Discusión.....	40-46
Conclusiones .....	47-48
Referencias .....	49-59
ÍNDICE DE ANEXOS.....	60

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA #1. MEDIDAS CORPORALES, MEDICIONES FISIOLÓGICAS Y AMBIENTALES DE TIBURONES JUVENILES PUNTA NEGRA.....</b>	<b>31-32</b>
<b>TABLA #2. REGRESIÓN LINEAL GLUCOSA EN FUNCIÓN A LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO.....</b>	<b>37</b>
<b>TABLA #3. REGRESIÓN LINEAL LACTATO EN FUNCIÓN A LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO.....</b>	<b>37</b>
<b>TABLA #4. REGRESIÓN LINEAL LACTATO EN FUNCIÓN A LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO.....</b>	<b>37</b>
<b>TABLA #5. ÍNDICE DE REFLEJOS RAMP.....</b>	<b>38</b>
<b>TABLA #6. CORRELACIÓN MULTIPLE: P-VALUE.....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA #.1</b> ÁREA DE ESTUDIO.....	26
<b>FIGURA #.2</b> MEDIDAS MORFOMÉTRICAS EVALUADAS EN CARCHARHINUS LIMBATUS.....	28
<b>FIGURA #.3</b> CORRELACIÓN DE PEARSON DE GLUCOSA, LACTATO Y HEMOGLOBINA DE CARCHARHINUS LIMBATUS CON RESPECTO AL TIEMPO DE LUCHA EN RED DE TRASMALLO .....	33
<b>FIGURA #.4</b> CORRELACIÓN DE PEARSON DE GLUCOSA, LACTATO Y HEMOGLOBINA DE CARCHARHINUS LIMBATUS CON RESPECTO AL TIEMPO, EXCLUYENDO AL INDIVIDUO EVALUADO A 7MINS .....	34
<b>FIGURA #.5</b> CORRELACIÓN DE PEARSON DE GLUCOSA, LACTATO Y HEMOGLOBINA CON RESPECTO AL BMI DE CARCHARHINUS LIMBATUS.....	34
<b>FIGURA #.6</b> CORRELACIÓN DE PEARSON DEL TL CON RESPECTO A LA RESPUESTA DE ESTRÉS SECUNDARIO: LACTATO.....	35
<b>FIGURA #.7</b> CORRELACIÓN DE PEARSON DE GLUCOSA, LACTATO Y HEMOGLOBINA CON RESPECTO AL PESO DE CARCHARHINUS LIMBATUS.....	36
<b>FIGURA #.8</b> CORRELACIÓN DE PEARSON DE GLUCOSA, LACTATO Y HEMOGLOBINA DE CARCHARHINUS LIMBATUS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA DEL AGUA.....	36
<b>FIGURA #.9</b> CORRELACIÓN DE PEARSON DEL RAMP Y EL TIEMPO DE LUCHA..	38

## INTRODUCCIÓN

Aunque todas las especies de tiburones se encuentran protegidas en las Islas Galápagos, los juveniles del tiburón punta negra *Carcharhinus limbatus* son susceptibles a la pesca incidental por trasmallo en las bahías alrededor de las islas principales (Hearn et al., 2014). Los pescadores aquí buscan las lisas para la venta local, consumo personal o como carnada para usarlas en la pesca de especies pelágicas. La pesca es una de las primeras actividades realizadas por los pioneros colonizadores que arribaron a las Islas Galápagos (DPNG, 2014). Al menos 20 especies son capturadas de forma incidental, y son descartadas ya que no poseen valor económico o porque se encuentran prohibidas, entre ellas los tiburones (Castrejón, 2011). No existe mercado para los tiburones juveniles y estos son en su mayor parte liberados, vivos o muertos (Braccini et al., 2012). Sin embargo, no se ha cuantificado su mortalidad posterior a la liberación, o los efectos que las condiciones ambientales como la temperatura o la calidad del agua pueden tener sobre ellas. Entender la naturaleza de estos efectos sobre las especies permite mejorar las prácticas en la pesca, como clave para el desarrollo de una pesca artesanal sustentable (Brownscombe et al., 2015) en una de las reservas marinas mejor conservadas: la Reserva Marina de Galápagos (RMG).

Ningún estudio ha analizado en las Islas Galápagos el daño que inflige para un tiburón caer en una red, incluyendo el tiempo de pelea, supervivencia, alteraciones metabólicas, respuestas, y los trastornos fisiológicos que esto supone, aun si llegase a ser liberado. Es por esta razón que este estudio evalúa cómo las actividades antropogénicas, como la pesca y el uso de trasmallo, en sitios turísticos, afectan a los tiburones neonatos y juveniles de la especie *Carcharhinus limbatus* presentes en Puerto Grande en la Isla San Cristóbal, Galápagos. La hipótesis de esta investigación se basa en que el tiempo de lucha de los individuos de *C.*

*limbatus* podría estar relacionada con los niveles de estrés reflejados en la sangre, así como en el deterioro de sus reflejos: mientras más tiempo el individuo está en la red, posiblemente sus reflejos se verán más afectados y los niveles de estrés encontrados en la sangre incrementará. Además, el índice de masa corporal (talla y peso) de cada individuo podría influir en estos niveles de estrés, así como su sexo.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

### **Reserva Marina de Galápagos (RMG).**

La RMG fue creada en el año 1998 gracias a la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos. Posee 40 millas náuticas a partir de la línea base. Presenta una superficie de 138.000 km<sup>2</sup>: 70.000km<sup>2</sup> de aguas interiores y 1.753km costeros (DPNG, 2014). Los diferentes ecosistemas marinos se definen por patrones oceanográficos de alta biodiversidad, y varían de acuerdo a la ubicación y profundidad en las islas. En Galápagos se registran aproximadamente 7.000 especies diferentes, de las cuales el 32% son endémicas (FCD, 2013). La biodiversidad está influenciada directamente por las corrientes que chocan con las islas. Las corrientes predominantes son: corriente submarina ecuatorial que colisiona con el lado este del archipiélago, la corriente cálida de Panamá que llega desde el norte, la corriente fría de Humboldt que arriba desde el sur y la corriente de Cromwell que choca contra la zona oeste del archipiélago; además de influir en la biodiversidad de especies, estas corrientes son responsables del clima y la temperatura de las islas (Ormaza, 2016).

Las Islas Galápagos se consideran un sistema socioecológico (Gonzales et al., 2008), ya que el archipiélago vincula al sistema ecológico con las interacciones sociales existentes en estas áreas protegidas. Antes de ser nombrado como el primer Parque Nacional del Ecuador (Zambrano, 2015), ya existía gente habitando este archipiélago. Los primeros asentamientos humanos en las Islas Galápagos pasaron por un proceso de adaptación para poder habitar las islas (Ahassi, 2007), y los pioneros buscaron formas para hacer de Galápagos un sitio adecuado para vivir, lo cual puede derivar en la transformación de los ecosistemas (DPNG, 2014;

Pizzitutti et al., 2016). Las primeras actividades económicas y de sustento se centraron en la agricultura y la pesca (DPNG, 2014).

La RMG y el Parque Nacional Galápagos (PNG) presentan una zonificación que permite realizar distintas actividades reguladas, enfocadas en manejo sustentable de los recursos, pero sin alejarse de los objetivos de conservación. El sistema de zonificación de la RMG se divide en: uso múltiple: lo cual incluye actividades de pesca, turismo, ciencia, conservación y navegación de forma simultánea; zona de uso limitado: actividades sujetas a restricciones con el fin de proteger ecosistemas o recursos; zona portuaria: correspondiente a las aguas cercanas a los puertos poblados. La zonificación anteriormente mencionada, puede tener a su vez subzonas, de uso experimental: otorgada de forma temporal con el propósito de evaluar el comportamiento de especies marinas o costeras; subzona de recuperación: también temporal, otorgada a sitios que han sido degradados por causas antropogénicas como contaminación, sobreexplotación, o daños ambientales (DPNG, 2014).

Un área marina protegida (AMP), incluyendo a los denominados santuarios de tiburones como es el caso del Santuario Marino de Galápagos de 40.000km<sup>2</sup>, ubicado al norte del archipiélago que incluyen a las islas de Darwin y Wolf (NG, 2018); son sitios reconocidos como herramientas fundamentales para la conservación, ya que permiten crear regulaciones para la protección de especies marinas y disminuyen la pesca incidental de los mismos (Bouyoucos et al., 2018). En el caso del santuario marino de Galápagos, desde su nombramiento excluyó a las actividades pesqueras de este tercio de aguas de la RMG (Espín, 2017), lo que posiblemente intensificó la carga alrededor de otras islas. Sin embargo, estas regulaciones no fueron implementadas, ya que aún se pesca en esta zona.

## **Pesquerías.**

Las Islas Galápagos son reconocidas a nivel mundial por sus diversos ecosistemas y biodiversidad. Por la misma razón históricamente han sido blanco para la actividad pesquera, con un crecimiento exponencial a partir de la década de los 90 cuando se incrementó el número de barcos y pescadores a causa de la pesquería de pepino de mar y langosta (Castrejón, 2011). En 1971 Galápagos contaba con tan solo 167 pescadores y 22 fibras de pesca, con una tendencia de disminución a 130 pescadores y 13 fibras para el año 1980 (Reck, 1983). Actualmente Galápagos cuenta con 1300 pescadores, de los cuales el 40% están activos y realizan actividades pesqueras dentro de la RMG (C. Cáceres, comunicación personal-PNG, 18 agosto del 2021).

El Art. 2 de la LOREG, menciona que en la RMG sólo se encuentra permitida la pesca artesanal. La pesquería en Galápagos se enfoca en la captura de especies bentónicas (pulpo, canchalagua, churo); pesca blanca (peces demersales y pelágicos costeros), langosta: *Panulirus penicillatus* y *P. gracilis*, langostino: *Scyllarides astori*, y pepino de mar: *Isostichopus fuscus*; y las artes más comunes de pesca son mediante buceo de compresor (hooka) y el empate oceánico (Castrejón, 2011).

En el área costera de las islas se buscan especies de interés comercial, para vender directamente en los muelles: a los consumidores locales o mediante intermediarios (Castrejón, 2011), o se capturan pequeños peces utilizados posteriormente como carnada. En 1981 solo seis embarcaciones se dedicaban a la pesca de lisa, y no pasaba de 100TM al año (Reck, 1983). El uso de redes, ej: el trasmallo, consiste en colocar esta red en las bahías poco profundas y dejarla allí entre 45mins a 1h. Al volver a retirarla, esta red es subida a la fibra de pesca mientras se desenredan los peces capturados. Las especies que no poseen valor comercial o que no están permitidas como tiburones, rayas, tortugas, etc, son devueltas al mar, muchas de ellas ya muertas. En caso de encontrar un cardumen de la especie de interés, la mayoría de veces lisas,



se utilizará la red para encerrarlas, luego se arrastra la red hasta la orilla para desenredar a los peces, o son subidos a la fibra directamente.

El uso de red de trasmallo puede afectar a los tiburones neonatos y juveniles presentes en estas zonas de pesca y a las hembras que nadan en estas aguas poco profundas, y que ingresan a estos viveros a parir (Castro, 1993). Las interacciones entre tiburones y los seres humanos se producen a diario por pesquerías realizadas mediante pescadores locales, que cuentan con licencia PARMA, lo cual les autoriza realizar actividades pesqueras dentro de la RMG (DPNG, 2014). Los tiburones pueden caer como captura incidental (Bouyoucos et al., 2018) mediante azuleo, línea, trasmallo; o lamentablemente, en algunas ocasiones estas pesquerías están enfocada al comercio ilegal de aletas de tiburón (Carr et al., 2013; Schiller et al., 2014; Jacquet et al, 2008). Varias poblaciones de tiburones se encuentran amenazadas por estas actividades antropogénicas, las cuales tienen un alto impacto sobre las poblaciones de estas especies a nivel mundial (Dapp et al., 2016). En las últimas décadas el tamaño poblacional de varias especies se ha reducido hasta un 80%, y se estima que algunas de ellas podrían extinguirse en los próximos años toneladas (Aguilar et al., 2005).

#### **Ecosistemas de manglar/Zonas de crianza.**

Los ecosistemas de manglar presentes en distintas bahías alrededor de las Islas Galápagos proveen importante hábitats para varias especies de peces (Llerena et al., 2018), misma razón por la cual los pescadores utilizan estos sitios para la pesca de carnada o pequeñas especies comerciales. Estas zonas de manglar también son utilizadas como refugio temporal por tiburones y peces en sus primeras etapas de vida (Aguilar et al., 2005). Estudios realizados por Llerena et al (2018) registraron un total de 1773 peces óseos y 740 peces cartilagosos para las bahías de la Isla Santa Cruz, en el cual se registró la presencia de especies como *Mugil*

*thoburni*, *Carcharhinus limbatus*, *Diapterus peruvianus*, *Chanos chanos*, *Gerres cinereus*, entre otras (Llerena et al., 2018).

Un área de crianza o guardería está ubicada en zonas de alta productividad como marismas costeras, estuarios, pastos marinos o zonas de manglar (Castro, 1993). Aquí habitan poblaciones de tiburones neonatos y juveniles, o residen temporalmente hasta alcanzar la madurez (Heupel et al., 2007). Las zonas de crianza son hábitats costeros poco profundos (Bouyoucos et al., 2018), a los cuales los tiburones exponen un alto nivel de fidelidad, y presentan ventajas como el incremento de probabilidad de supervivencia, y la disposición de alimento (Heupel et al., 2007). Además, los tiburones juveniles se agregan a diario en estos sitios, lo cual sugiere beneficios directos como protección ante depredadores (Aguilar et al., 2005) y baja mortalidad (Heupel & Simpfendorfer, 2005). Los tiburones juveniles permanecen en esta zona mientras crecen rápidamente durante sus primeros meses de vida. No obstante durante sus diferentes etapas ontogenéticas pueden utilizar diversos hábitats (Castro, 1993). Si es claro que las áreas de crianza ofrecen protección a los neonatos y juveniles, la cercanía a la costa también incrementa la posibilidad de interacción con pesquerías y capturas incidentales (Knip et al., 2010)

#### **Tiburón punta negra: *Carcharhinus limbatus*.**

Existen 53 especies de elasmobranquios reportados para las Islas Galápagos (Hearn et al., 2014), de los cuales 33 son tiburones. Los elasmobranquios se encuentran presentes en todos los hábitats de la RMG, desde aguas poco profundas en los ecosistemas de manglar hasta mar abierto (Hearn et al., 2014).

*Carcharhinus limbatus*, también conocido como tiburón punta negra, es una especie cosmopolita (Keeney et al., 2003) que habita en aguas tropicales y subtropicales, desde Nueva Inglaterra hasta Florida o el Golfo de México (Castro, 1983). Aunque es una especie

considerada residente costera, puede realizar migraciones extensas de cientos de kilómetros (Castro, 2006). En sus primeras etapas de vida habita en ecosistemas costeros (Huber et al., 2006), es filopátrico para amplias bahías (Keeney et al., 2003), y en su vida adulta se lo encuentra en aguas superficiales oceánicas (Estupiñan et al., 2018).

Los tiburones punta negra presentan ciclos ováricos y ciclos de gestación que se ejecutan consecutivamente (Castro, 1993). El ciclo reproductivo dura 2 años, ya que este ciclo incluye un periodo de gestación de 340 días y la ovulación bienal (Castro, 1996). El desarrollo de los claspers inicia su elongación al tener una longitud total (TL) de 1250mm (Castro, 1996). Alcanzan la madurez sexual: machos al medir 130cm o 4-5 años de edad, y hembras a los 150-155cm o 7-8 años (Branstetter, 1987). Las hembras pueden tener de tres a seis, ocho, e incluso hasta nueve embriones (Bigelow & Schroeder, 1948). Los neonatos miden entre 53-66cm TL, de acuerdo a los registros en la Bahía de Tampa en Florida (Castro, 1996) y crecen 20cm el primer año, 10cm durante su etapa juvenil y entre 5-7cm después de la madurez (Branstetter, 1987).

Las señales ambientales como cambios en el ciclo de diel, mareas, temperatura del agua, presión barométrica, y ciclo lunar influyen en sus patrones de movimiento (Huepel et al., 2004; Martin et al., 2019). *C. limbatus* se caracteriza por su nado rápido, lo que le facilita alimentarse de cardúmenes de distintas especies de peces, otros elasmobranquios, crustáceos (Castro, 1993) y cefalópodos, pero los teleósteos son su presa principal (Estupiñan et al., 2018). Además, posee la habilidad de saltar fuera del agua a una velocidad de  $6.3\text{ms}^{-1}$  (Brunnschweiler, 2005) hasta 2m de altura mientras gira (Castro, 1996), hasta tres veces sobre su propio eje (Bigelow & Schroeder, 1948). También presenta una fuerte mordida que varía de acuerdo a la longitud total de su cuerpo: 32-107N (61cm TL) y 423-1083N (152cm TL) (Huber et al., 2006).

*Carcharhinus limbatus* es sensible a las capturas debido a la aceleración intensiva de su nado al engancharse, ya que presenta intensos episodios de comportamiento de lucha al ser capturado (Gallagher et al., 2017). La bioquímica sanguínea en estos tiburones indica magnitudes mayores de estrés en respuesta a capturas, a comparación de otros *Carcharhinus* (Mandelman & Skomal, 2009). Además, existen estudios limitados en hábitats costeros, con respecto a su captura y liberación (Butler et al., 2017), lo que restringe el conocimiento acerca de la biología y los efectos antropogénicos sobre esta especie.

### **Efectos de captura y liberación**

Aunque varias especies de peces y tiburones son liberadas posterior a su captura, esta acción produce impactos negativos (Butler et al., 2017) debido a lesiones por el arte de pesca utilizada, o a causa del estrés fisiológico derivado del enganche, pelea, aterrizaje, manipulación, tiempo de retención, exposición al aire, y duración del factor estresante (Skomal & Mandelman, 2012). Como resultado los individuos presentan reducción en la aptitud física, reflejos o incluso la muerte (Browncombe et al., 2015). Factores como el comportamiento del pescador (manipulación, lucha) (Raby et al., 2011), condiciones ambientales (depredadores, temperatura, salinidad), o factores bióticos intrínsecos (tamaño, morfología, fisiología y comportamiento) pueden influir en los efectos que esto tiene para cada uno de los individuos (Skomal & Mandelman, 2012).

Estudios anteriores ya han reportado que la red de enmalle conduce a niveles altos de estrés en peces óseos y en tiburones (Frick et al., 2010). Por lo tanto, resulta imperativo evaluar la resistencia de los tiburones antes factores estresantes que enfrentan dentro de las áreas protegidas, con la finalidad de mejorar la eficacia (Bouyoucos et al., 2018). Al caer en una red los peces luchan hasta su agotamiento, lo que genera gasto en la reserva de energía y la respiración anaeróbica (Kieffer, 2000), y lo que a su vez conduce a una respuesta de estrés

fisiológico (Dapp et al., 2016). La mortalidad en los tiburones puede darse a causa directa del agotamiento o debido a la depredación post liberación (Danylchuk et al., 2014). Los efectos del estrés por captura en la fisiología y supervivencia varían de acuerdo a la especie (Frick et al., 2010). El estrés fisiológico, el trauma físico y el desequilibrio pueden producir deterioro en el comportamiento de los individuos como por ejemplo, la capacidad de evitar a sus depredadores o de buscar su alimento. En otros estudios se ha demostrado que la frecuencia en lesiones y el deterioro de comportamiento produjo una mayor tasa de depredación en los peces estresados (Ryer, 2002).

Algunos estudios han encontrado que ciertos parámetros de estrés en la sangre de los tiburones pueden predecir con certeza su destino después de la liberación (Hight et al., 2007). Sin embargo, otros no han encontrado enlace entre la química sanguínea y la muerte post-liberación (Whitney et al., 2017).

### **Estrés**

El estrés es definido como cualquier estímulo que puede producir cambios en el equilibrio de un individuo (De los Santos, 2017), lejos de los rangos estables o normales (Barandica & Tort, 2008) puede durar segundos e incluso meses, como en casos de estrés por factores antropogénicos. Algunas especies cambian la respuesta al estímulo de estrés de acuerdo al tipo y duración del factor estresante (Hoffmayer et al., 2012). La respuesta ante estrés envuelve un grupo de procesos fisiológicos y comportamentales necesarios para que la especie se adapte a estos cambios. Las hormonas son las responsables de regular la respuesta ante el estrés. Hormonas como la adrenalina, son liberadas de forma inmediata en la sangre, para que el individuo este alerta o la actividad de respuesta se incremente (Bouyoucos et al,

2018). La respuesta ante estrés es fundamental ya que aumenta la posibilidad de sobrevivir cuando se enfrenta ante una amenaza inmediata, ya sea real o percibida (Branson, 2008).

En los peces se ha observado diversas respuestas al estrés, como la elevación de cortisol, lo cual puede variar entre especies o entre las distintas etapas de desarrollo (Barton, 2002). Posibles factores estresantes incluyen cambios de temperatura, salinidad, pH, oxígeno disponible, depredación, escasez de alimento, o cambios ambientales por causas como contaminación (Wendelaar, 1997).

Las alteraciones relacionadas al estrés se dividen en primaria, secundaria y terciaria (Barton e Iwama, 1991). La respuesta inicia en el sistema límbico del cerebro (Branson, 2015), donde se activan los centros cerebrales (Arends et al., 1999). Existen dos componentes neuroendocrinos principales que actúan como respuesta ante el estrés en peces. Uno se basa en una rápida activación del sistema nervioso simpático, con el objetivo de liberar catecolaminas en el torrente sanguíneo (Skomal & Mandelman, 2012) desde el tejido cromafín (Branson, 2015). Además, el sistema neuroendocrino que comprende al eje hipotálamo-pituitario-interrenal (HPI), resulta en la producción de corticosteroides (Branson, 2015), para movilizar las reservas de energía que permiten mantener el rendimiento, oxígeno y equilibrio osmótico (Skomal, 2007). La respuesta primaria ante un factor estresante está caracterizada por niveles altos de catecolaminas, cortisol en la sangre (Branson, 2015) y adrenalina (Barandica & Tort, 2008).

Después se producen eventos en cascada, que conducen a la respuesta secundaria, en la cual se generan los efectos posteriores de las hormonas a nivel sanguíneo y tisular (Arends et al., 1999), cambios cardiorespiratorios (Branson, 2015) y en el metabolismo, alteración de la homeostasis iónica y osmótica (Hoffmayer et al., 2012). Las respuestas secundarias al estrés en

elasmobranquios envuelven: hiperglucemia, acidemia resultado de la acidosis metabólica y respiratoria, alteraciones bruscas en la homeostasis (Skomal & Mandelman, 2012).

La respuesta terciaria en peces, es producida por factores estresantes intensos y crónicos, lo cual resulta en cambios fisiológicos en la especie, influye en la tasa de crecimiento, reproducción (Skomal & Mandelman, 2012), perturbación al sistema inmunológico, produce inhibición, o problemas de funcionamiento en el organismo (Arends et al., 1999; Barton e Iwama, 1991).

Biomarcadores sanguíneos como pH, pCO<sub>2</sub>, lactato, glucosa, hematocritos y osmolaridad pueden ser utilizados para cuantificar el nivel de estrés fisiológico en tiburones (Mohan et al., 2020). Para medir la respuesta secundaria ante el estrés se utilizan los niveles de glucosa, lactato e iones del plasma.

### **Glucosa**

La producción de glucosa es desencadenada mediante varios mecanismos, en su mayoría regulados por hormonas primarias como adrenalina o cortisol, liberadas durante un evento de estrés (Wendelaar, 2011). El estrés eleva los niveles de glucosa mediante la liberación de las reservas de glúcidos de forma rápida (Barandica & Tort, 2008). La adrenalina incita a la descomposición del glucógeno mediante la glucogenólisis en el hígado, lo que a su vez aumenta la concentración de glucosa en la sangre (Wendelaar, 2011; Mohan et al., 2020), al disminuir las reservas de glucógeno se rompe la glucosa, lo que deriva en la liberación de la misma en el torrente sanguíneo (Barandica & Tort, 2008). La glucosa es utilizada para obtener energía de forma rápida, pero este aumento no es fácil de controlar, por esta razón la hiperglucemia es una respuesta al estrés característica en los tiburones (Mohan et al., 2020; Jerome et al., 2018). Estos niveles elevados de glucosa se asocian con anaerobiosis, agotamiento, manipulación (Arends et al., 1999) e hipoxia (Butler et al., 2017). Los cambios en la glucosa dependen de los valores

iniciales, los cuales podrían estar definidos por las presas ingeridas previamente (Hoffmayer & Parson, 2001).

### **Lactato**

El estrés también aumenta los niveles de lactato, debido a la demanda energética y la anaerobiosis. No obstante, los factores estresantes crónicos y los de poca intensidad, no producen cambios notables (Barandica & Tort, 2008). Una intensa actividad muscular está impulsada por la glucólisis, que deriva en el agotamiento del glucógeno muscular, producción de lactato y acidificación de los músculos (Moyes et al., 2006). Estos cambios por ejercicios musculares se ven reflejados en la sangre al aumentar los niveles de lactato plasmáticos, los cuales deben aproximarse al grado de actividad muscular, por ende, los datos sugieren que peces a punto de morir pudieron haber hecho ejercicio hasta su agotamiento máximo (Moyes et al., 2006). El sistema cardio-respiratorio de los elasmobranquios no es lo suficientemente eficaz para satisfacer la demanda de oxígeno requerido durante un ejercicio riguroso. Por ende, la demanda energética es compensada resultando en elevados niveles de lactato en la sangre y acidosis metabólica (Brill et al., 2007).

### **Hemoglobina**

Uno de los principales problemas de los elasmobranquios es la recuperación del ejercicio anaeróbico, ya que requiere tiempo para volver a los niveles previos al ejercicio, debido a que carece de mecanismos para aumentar su suministro de oxígeno. Dentro de estos mecanismos está el aumento de hematocrito y el aumento de oxígeno en la sangre. Al aumentar los glóbulos rojos, disminuye la concentración de trifosfato óseo (NTP), resultando en el retorno a los niveles iniciales previos al ejercicio por la afinidad entre la hemoglobina y el oxígeno (Brill et al., 2007). La hemoglobina es una proteína globular encargada del transporte de

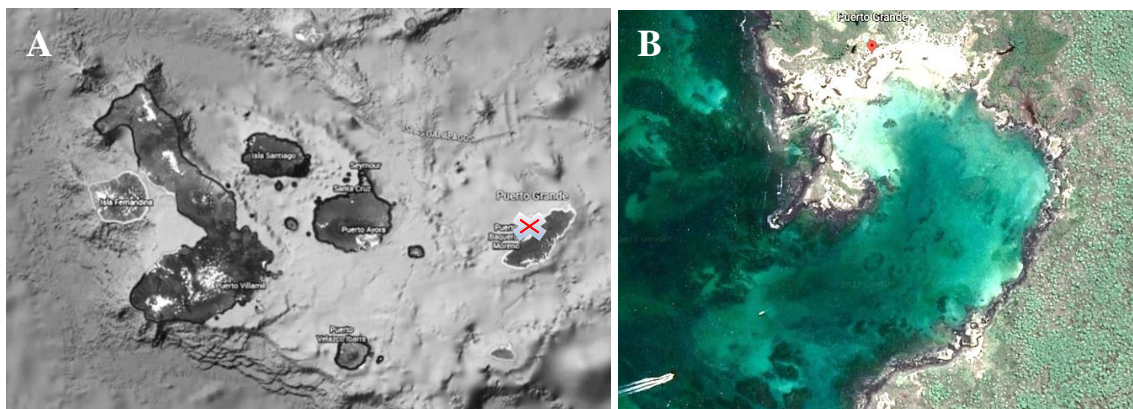


oxígeno a los tejidos periféricos. Valores altos de la hemoglobina pueden ayudar a detectar perturbaciones ambientales, o factor estresantes provenientes de contaminación, lo cual pueden inhibir el sistema enzimático inhibiendo la síntesis de hemoglobina (Saez et al., 2018). Varios estudios han registrado valores más altos de hemoglobina relacionados a la primavera.

## METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### Área de estudio y métodos de captura.

Este estudio tuvo lugar entre el 4 de marzo hasta el 27 de Junio del 2021 en la Bahía de Puerto Grande (0°47'56"S 89°28'07W), en la Isla San Cristóbal- Galápagos- Ecuador (fig 1). Puerto Grande cuenta con un área de manglar dentro de una bahía, la cual ya ha sido registrada como zona de crianza para *C. limbatus* en estudios anteriores (Chiriboga, 2018; Hirschfeld, 2013). De acuerdo a la zonificación de la RMG, los sitios de descanso para actividades de pesca vivencial, incluyen actividades descanso, natación, esnórquel, panga ride, uso extractivo, y no extractivo de actividades de pesca artesanal y vivencial. Sin embargo, Puerto Grande, pese a ser utilizado como un sitio de recreación para las actividades anteriormente mencionadas, no consta en la lista de los sitios de pesca vivencial del Plan de Manejo (DPNG, 2014).



**Figura 1.** Área de estudio: A) Islas Galápagos; B) Puerto Grande- San Cristóbal

Fuente: Google Earth.

Se realizaron 12 viajes a bordo de una fibra de pesca: tres viajes para cada uno de los meses de: marzo, abril, mayo, junio del 2021. Se registraron datos del sitio de estudio como marea, temperatura, salinidad con la ayuda de CastAway-CTD, y hora de lanzamiento de la red de trasmallo. Los tiburones fueron capturados con la ayuda de un trasmallo de 30m. Al quedar atrapados en la red, empezaba el conteo del tiempo de lucha. El tiburón fue liberado por la

persona en el agua y posteriormente subido a la fibra de pesca para coleccionar los datos descritos a continuacion.

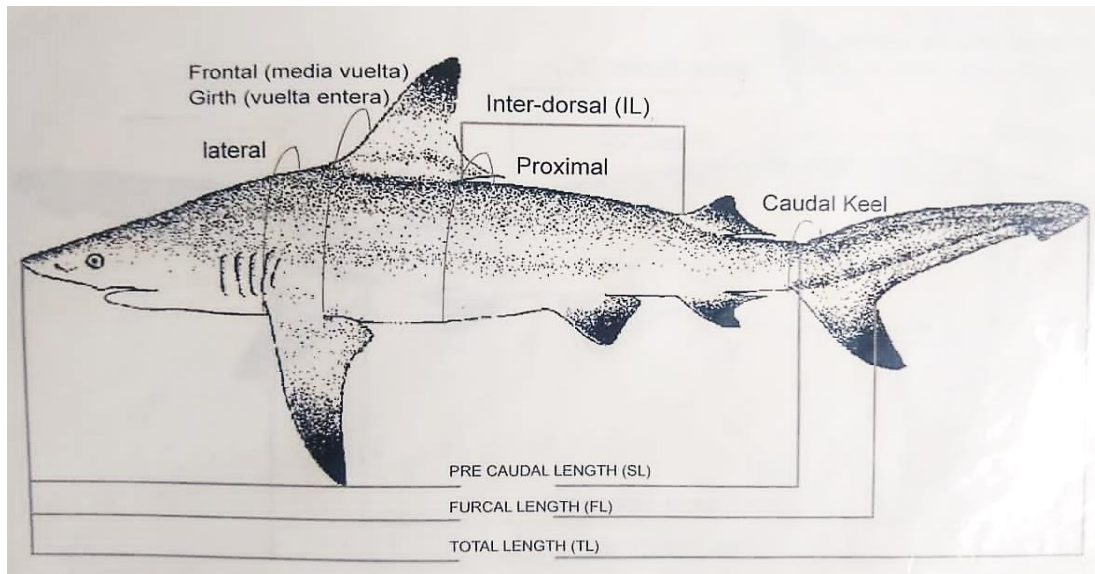
### **Cuantificacion y determinacion de las caracteristicas de los tiburones.**

El tiempo de lucha fue cuantificado en minutos en base al tiempo en red del tiburón: desde que cayó en la red, hasta que fue liberado de ella, para posteriormente ser subido a la fibra. La mayoría de tiburones dependen del movimiento para ventilación y debido a la forma fusiforme del cuerpo aumentan las posibilidades de pasar su cabeza por la malla y enredarse aún más mientras pelean (Braccini et al., 2012).

### **Talla, sexo y peso de los tiburones.**

Con la ayuda de una camilla de fibra de vidrio adecuada para el monitoreo de tiburones y una cinta métrica, se midió la longitud de cada tiburón en centímetros: Total Length (TL), Furcal Length (FL), Pre-Caudal Length (SL), Girth, Lateral, Frontal, Proximal, Caudal Keel (fig.2). El sexo se determinó por la presencia de claspers (macho) o ausencia de claspers (hembra). Con la ayuda de una balanza se tomaron los datos de peso (kg). Se calculó el Body Mass Index (BMI) en base a (Biton et al., 2016):

$$BMI = \frac{\text{mass (kg)}}{TL(cm)^2}$$



**Figura 2.** Medidas morfométricas evaluadas en *Carcharhinus limbatus*.

### **Toma de muestras y análisis sanguíneo.**

Se colectaron muestras de sangre de 0.5 ml de cada individuo mediante venopunción caudal. La sangre se analizó de forma inmediata usando Nova Biomedical Lactate Plus™, ACCU-CHECK® Active, y HEMOCUE®, para medir: lactato, glucosa y hemoglobina, respectivamente.

### **Reflejos**

Para medir los reflejos y el déficit de respuesta se evaluaron los siguientes componentes: respuesta de mordida (BITE), capacidad de cerrar la membrana nictitante del ojo (NM), capacidad de flexionar el cuerpo al liberarlo en el agua (FLEX), equilibrio o balance en el agua (EQUIL), y movimiento de natación (Direccional, No direccional, o Sin movimiento).

Para medir la respuesta a la mordida se colocó una varilla de metal en la boca del tiburón, para evaluar si cuenta con el reflejo de mordida. Para medir la capacidad de cerrar la membrana nictitante del ojo se utilizó una varilla de metal, con la cual se tocó el ojo del tiburón y se evaluó la respuesta de cada individuo. Para la capacidad de flexionar el cuerpo se registró la tensión

en los músculos al momento de liberar al tiburón en el agua, se tuvo sostenida solo la cola antes de liberarlo para sentir si el tiburón presenta este reflejo de flexión. El equilibrio o balance se registró como deteriorado si el tiburón no permanece en posición vertical y nadando después de su liberación (Danylchuk et al., 2014).

Se colocó un flotador visual en el borde de la aleta dorsal del tiburón antes de ser liberado y se soltó al tiburón en el agua entre 5-10m lejos del sitio de captura. El comportamiento de natación post liberación fue registrado por un nadador con equipo de snorkel, quien realizó el seguimiento y acompañamiento del tiburón durante 10 minutos después de su liberación. Se consideró al comportamiento de natación direccional si el tiburón nadó de forma continua y hacia adelante; No direccional: si no presenta un nado continuo; y sin movimiento. Los flotadores visuales fueron eliminados después de la observación por la persona que realizó el seguimiento en el agua.

### **Índice de reflejos**

El predictor de acciones de reflejo y mortalidad (RAMP, por sus siglas en inglés) incluye información sobre efectos combinados de los factores estresantes y deterioro de los reflejos que resultan en estrés (Davis, 2007). Con el fin de evitar sesgos al observador, la respuesta de reflejo fue descrita como presente solo cuando fue clara y evidente. Si la respuesta fue débil, se puntuó como reflejo deteriorado. Cada reflejo fue puntuado como 0= reflejo intacto y 1= reflejo deteriorado (Davis, 2010). En este estudio se evaluaron cuatro parámetros de RAMP: Mordida (BITE), Membrana Nictitante del ojo (NM), FLEX, EQUIL. Luego se calculó el RAMP en base al artículo de Davis (2007).

### **Análisis estadísticos.**

Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico RStudio (R Core Team 2021). Los paquetes utilizados fueron dplyr, ggpubr, pastecs, broom, ggplot2 y Hmisc. Se utilizó el test de Wilcoxon para evaluar la relación que pudiera existir entre el sexo y las variables determinantes para el estrés (glucosa, lactato, Hb), y las medidas morfométricas (BMI, TL, frontal y peso). Utilizando la correlación de Pearson se evaluó si existía una correlación entre el tiempo, BMI, temperatura con respecto a los factores de estrés secundario como glucosa, lactato y hemoglobina. Mediante una correlación múltiple se analizó el efecto de los parámetros analizados en sangre (lactato, glucosa, hemoglobina), con la talla, el tiempo de pelea y la temperatura. Se realizaron regresiones lineales múltiples para evaluar si las variables dependientes como el tiempo de lucha en red y la temperatura del agua ejercieron efecto sobre los resultados encontrados en los valores de la glucosa, lactato y hemoglobina de los tiburones.

## ANÁLISIS DE DATOS

95 tiburones de la especie *Carcharhinus limbatus* fueron muestreados durante el periodo del 4 de marzo hasta el 27 de junio del 2021. La longitud total de los individuos tuvo una variación de tamaño entre 54cm a 78cm de longitud total (tabla 1). Se capturaron 47 hembras y 47 machos. Existe un individuo sin información de sexo en la hoja de datos. No hubieron diferencias significativas de las medidas del tamaño con respecto al sexo y Body Mass Index ( $W = 1271.5$ ,  $p = 0.21$ ), ni para la longitud total (TL) con respecto al sexo ( $W = 951$ ,  $p = 0.25$ ). Sin embargo, los datos reflejaron diferencia significativa en base a la medida Frontal Length con respecto al sexo ( $W=1388$ ,  $p = 0.02$ ), donde las hembras presentaron mayor tamaño (19.11cm) a comparación de los machos (18.44cm). Entre machos y hembras no se observó diferencias significativas con respecto a la masa corporal ( $w=831$ ,  $p=0.611$ ).

La temperatura del agua tuvo una pequeña variación durante el período de monitoreo, la temperatura mínima fue de 22°C en mayo y junio; y la temperatura máxima de 25°C el 4 de febrero. La salinidad reportó los valores más bajos 27.9 PSU el 17 de Abril, y la máxima 35.06 el 27 de Junio. Sin embargo, no se tiene registro de los valores de salinidad del mes de febrero. El tiempo de lucha en red osciló entre 0 a 7 minutos (media: 3mins). Ningún tiburón murió abordo durante el monitoreo, pero hubo un individuo muerto post-liberación.

**Tabla 1.** Medidas corporales de tiburones juveniles punta negra, mediciones fisiológicas, y ambientales tomadas.

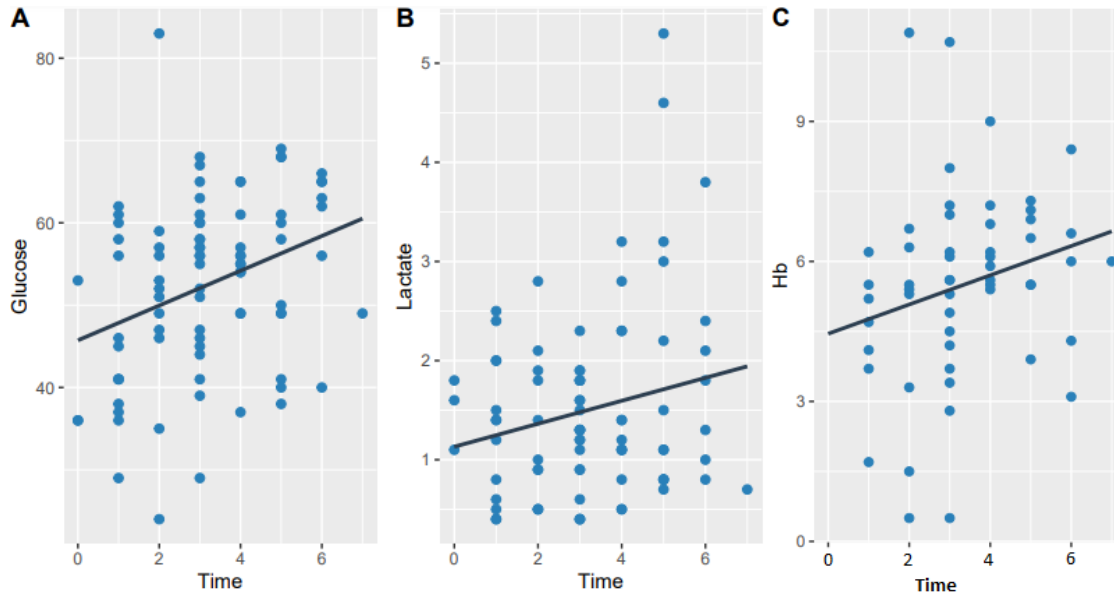
MEDIDAS	MEDIANA	SD	RANGO
Tiempo de lucha (mins)	3	1.65	0-7
Total length(cm)	65.5	4.31	54-78
Furcal length(cm)	55	3.47	46-68.5

<b>Pre caudal length(cm)</b>	49	3.33	41.50-62.5
<b>Girth(cm)</b>	25	2.47	20-36.5
<b>Lateral length(cm)</b>	17	1.43	14-22
<b>Frontal length(cm)</b>	19	1.73	14-23
<b>Proximal length(cm)</b>	17.5	1.63	14-22
<b>Caudal keel circumference(cm)</b>	9	0.74	7.50-11.5
<b>Peso(kg)</b>	1.8	0.39	1.10-3.00
<b>Glucosa (mg/dl)</b>	55	10.87	24-83
<b>Lactato (mmol/l)</b>	1.3	0.93	0.40-5.3
<b>Hemoglobina (mmol/l)</b>	5.55	2.07	0.5-10.9
<b>Temperatura(°C)</b>	23.3	1.07	22-25
<b>Salinidad (PSS)</b>	34.76	3.89	22.98-35.06

#### **Respuestas secundarias al estrés.**

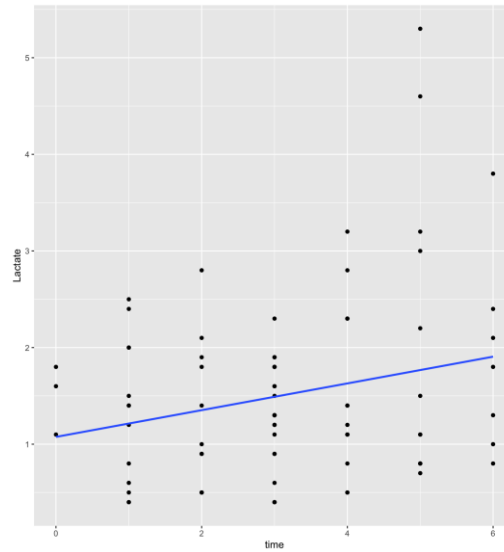
Los principales componentes analizados en la sangre fueron: glucosa, lactato y hemoglobina. Con respecto a los valores obtenidos en la sangre, entre machos y hembras no se observó diferencia significativa para la glucosa ( $W= 903.5$ ,  $p = 0.85$ ), ni para la hemoglobina ( $W= 388.5$ ,  $p =0.51$ ), ni para el lactato ( $W=822$ ,  $p=0.98$ ).



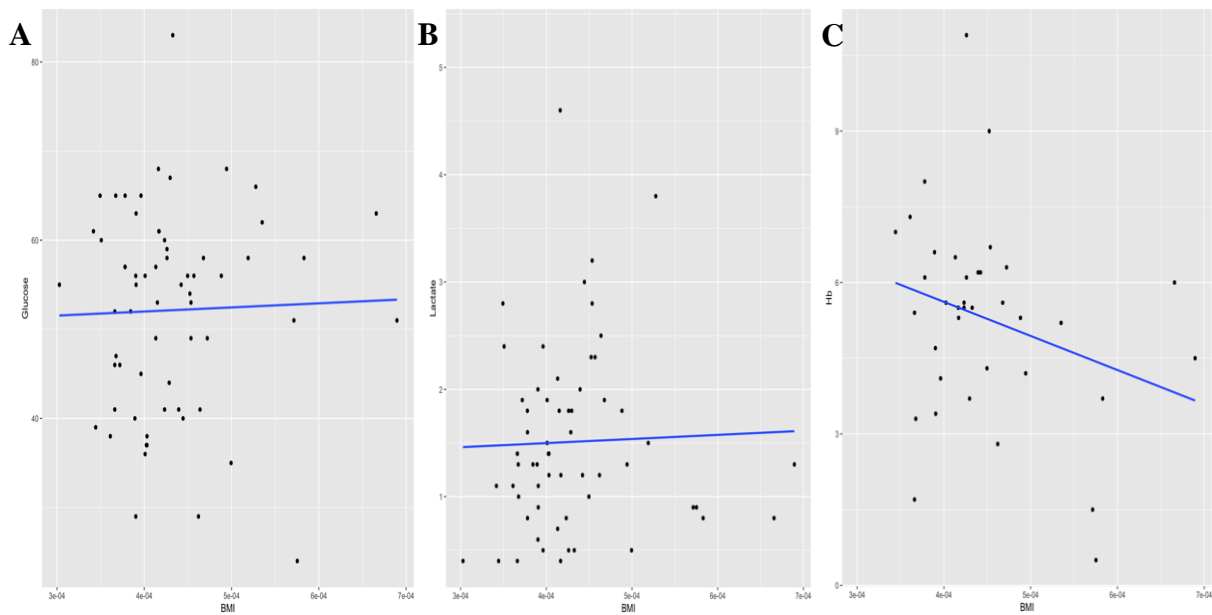


**Figura 3.** Correlación de Pearson de A) glucosa, B) lactato y C) hemoglobina de *Carcharhinus limbatus* con respecto al tiempo de lucha (mins) en la red de trasmallo.

Los valores de glucosa con respecto al tiempo de lucha en red estuvieron correlacionados ( $t = 3.28$ ,  $df = 82$ ,  $p = 0.001$ ;  $cor=0.34$ ). Sin embargo, la hemoglobina ( $t = 1.77$ ,  $df = 51$ ,  $p = 0.08$ ;  $cor=0.24$ ) y el lactato ( $t = 1.75$ ,  $df = 79$ ,  $p = 0.08$ ;  $cor=0.19$ ) no presentaron valores significativos con respecto al tiempo de lucha. No obstante, de acuerdo a la literatura el lactato está relacionado con el tiempo de pelea, por lo que decidimos retirar de nuestro siguiente análisis al único individuo evaluado a los siete minutos. De esta manera encontramos una correlación positiva (fig. 4) entre el tiempo de lucha y el incremento de los valores del lactato ( $t = 2.22$ ,  $df = 79$ ,  $p = 0.029$ ;  $cor=0.2427$ ).



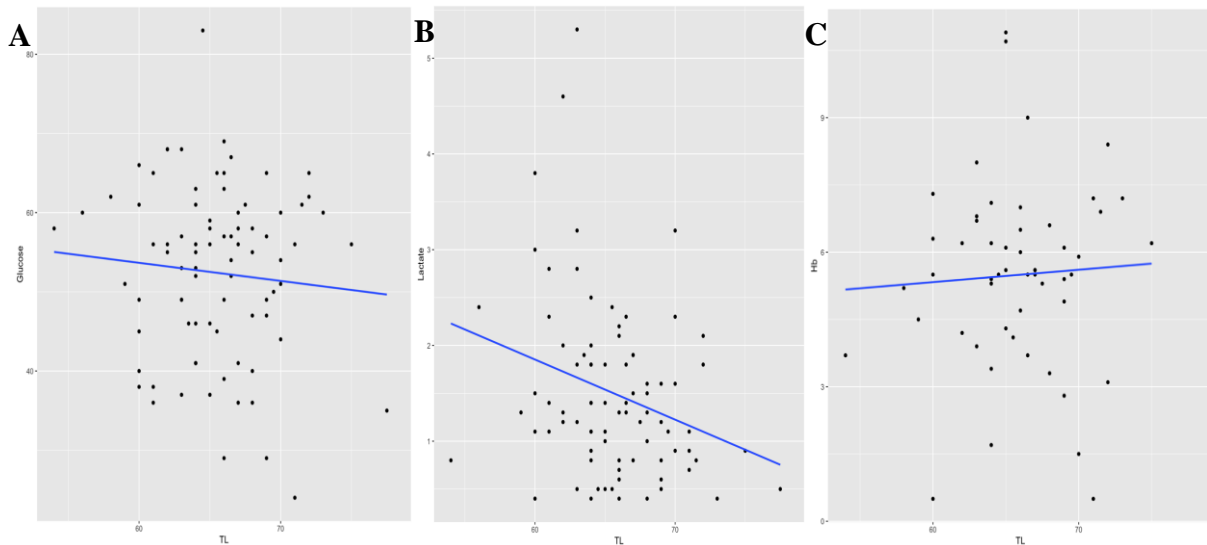
**Figura 4.** Correlación de Pearson de lactato de *Carcharhinus limbatus* con respecto al tiempo de lucha en la red de trasmallo, excluyendo al individuo evaluado a siete minutos.



**Figura 5.** Correlación de Pearson de A) glucosa, B) lactato y C) hemoglobina con respecto al Body Mass Index (BMI) de *Carcharhinus limbatus*.

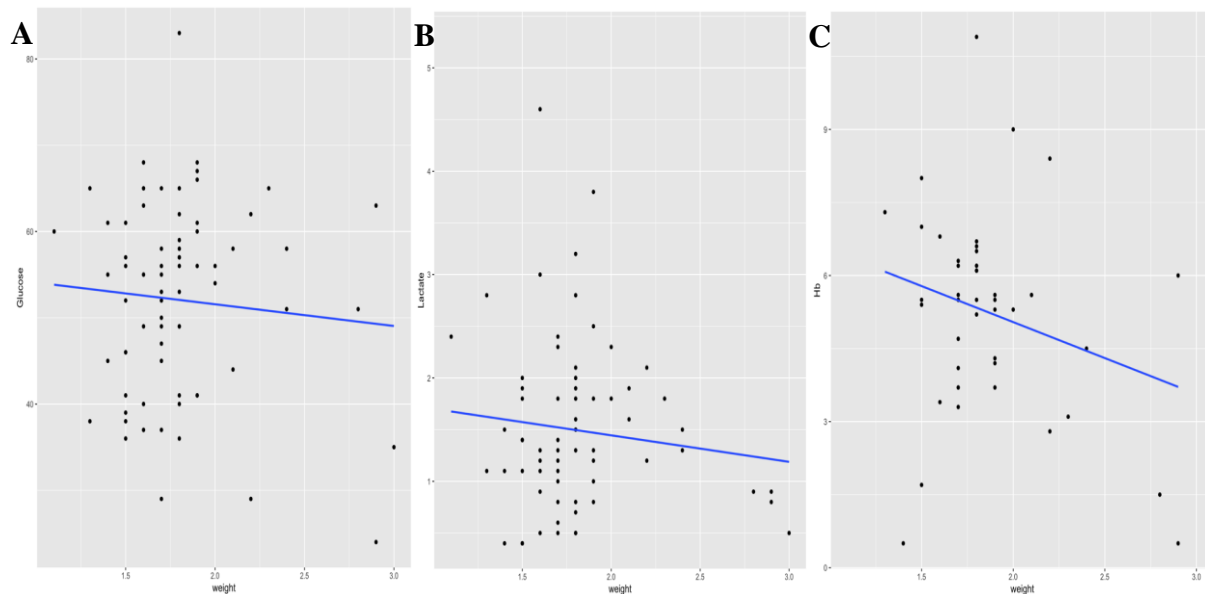
No se encontró correlación con el BMI de los tiburones y los valores de glucosa ( $t = 0.23$ ,  $df = 62$ ,  $p = 0.82$ ;  $cor=0.03$ ); ni con el lactato ( $t = 0.25$ ,  $df = 59$ ,  $p = 0.80$ ;  $cor=0.03$ ), ni con la Hb ( $t = -1.69$ ,  $df = 35$ ,  $p = 0.099$ ;  $cor=-0.27$ ) (fig.5).

Se utilizó la medida del largo total (TL) para evaluar si existe correlación con las respuestas secundarias al estrés. No se encontró correlación entre el TL de los tiburones evaluados y la glucosa ( $t=-0.82$ ,  $df= 83$ ,  $p=0.42$ ,  $cor=-0.089$ ), ni con la hemoglobina ( $t=-0.43$ ,  $df= 52$ ,  $p=0.67$ ,  $cor=-0.058$ ). Sin embargo, se encontró una correlación negativa con respecto a los valores de lactato y el el TL de *C. limbatus* ( $t=-2.55$ ,  $df= 80$ ,  $p=0.01$ ,  $cor=-0.273$ )(fig.6).



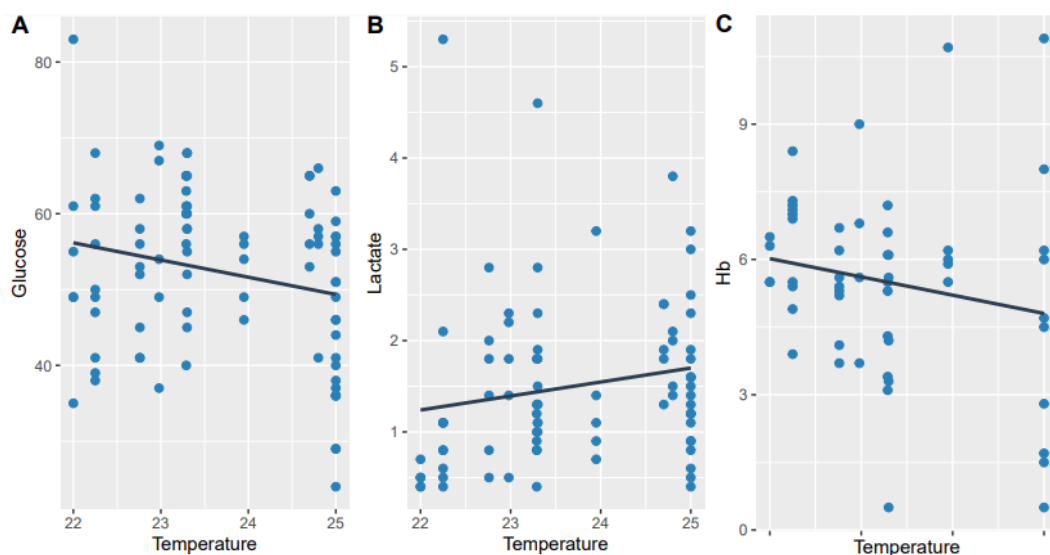
**Figura 6.** Correlación de Pearson del TL de *Carcharhinus limbatus* con respecto a la respuesta de estrés secundario: A) glucosa, B) lactato y C) hemoglobina.

Además, medimos la respuesta de estrés secundario en función al peso, y tampoco existió correlación ni para la glucosa ( $t=-0.68$ ,  $df= 68$ ,  $p=0.49$ ,  $cor=-0.08$ ), ni para el lactato ( $t=-0.93$ ,  $df= 65$ ,  $p=0.35$ ,  $cor=-0.12$ ), ni para la hemoglobina ( $t=-1.66$ ,  $df= 40$ ,  $p=0.10$ ,  $cor=-0.25$ ) (Fig.7).



**Figura 7.** Correlación de Pearson de A) glucosa, B) lactato y C) hemoglobina con respecto al peso de los tiburones juveniles *Carcharhinus limbatus*.

Sí se evidenció correlación negativa entre la temperatura del agua y la glucosa ( $t = 2.008$ ,  $df = 82$ ,  $p = 0.04$ ;  $cor = -0.21$ ). No hubo correlación entre la temperatura del agua y el lactato ( $t = 1.43$ ,  $df = 79$ ,  $p = 0.15$ ;  $cor = 0.15$ ), y tampoco entre la temperatura y la hemoglobina ( $t = -1.4$ ,  $df = 51$ ,  $p = 0.15$ ;  $cor = -0.19$ ) (fig. 8).



**Figura 8.** Correlación de Pearson de Glucosa, lactato y hemoglobina de *Carcharhinus limbatus* con respecto a la temperatura del agua.

### Regresión lineal múltiple

De acuerdo a la regresión lineal múltiple el modelo presenta valores estadísticamente significativos (tabla 2), por lo que las variables independientes (tiempo) ejercen efecto en los valores obtenidos para la glucosa de los tiburones, por lo tanto sí existe una asociación entre las variables testeadas ya que al aumentar el tiempo de lucha, los valores de la glucosa se incrementarán también.

**Tabla 2.** Regresión lineal glucosa en función a la temperatura y el tiempo.

<i>Glucosa~Temperatura+Tiempo</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-value</i>	<i>Pr(&gt; t )</i>
<i>Temperatura</i>	-1.6391	1.0534	-1.556	0.12357
<i>Tiempo</i>	1.8767	0.6886	2.725	<b>0.00785</b>
				**
				(** 0.01)

En esta regresión se encontró valores estadísticamente significativos del efecto del tiempo y la temperatura sobre el lactato encontrado en los tiburones (Tabla 3). Por lo tanto, la temperatura del agua y mientras el tiburón este luchando más tiempo en la red, estas dos variables ejercerán efecto en el incremento de los valores de lactato.

**Tabla 3.** Regresión lineal múltiple de lactato en función a la temperatura y el tiempo.

<i>Lactato~Temperatura+Tiempo</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-value</i>	<i>Pr(&gt; t )</i>
<i>Temperatura</i>	0.212	0.094	2.254	<b>0.0269*</b>
<i>Tiempo</i>	0.151	0.061	2.472	<b>0.0156*</b>
				(*0.05)

Los valores encontrados en la regresión lineal múltiple no son estadísticamente significativos, por lo tanto no existe efecto de las variables tiempo/temperatura para la Hb (tabla 4).

**Tabla 4.** Regresión lineal múltiple de la hemoglobina en función a la temperatura y el tiempo.

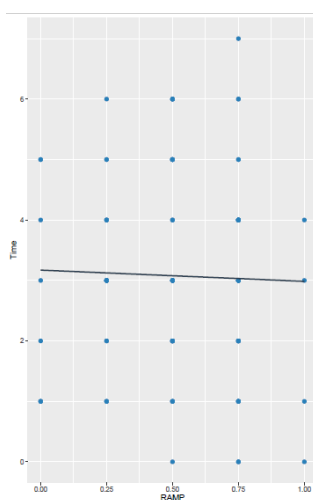
<i>Hb~Temperatura+Tiempo</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-value</i>	<i>Pr(&gt; t )</i>
<i>Temperatura</i>	-0.355	0.283	-1.253	0.216
<i>Tiempo</i>	0.288	0.179	1.607	0.1143

### Reflejos y seguimiento post liberación.

4 tiburones (4.21%) mostraron respuesta positiva a todos los reflejos evaluados. 91 tiburones (95,78%) exhibieron pérdida de al menos un reflejo: dos perdieron sólo el reflejo de mordida, 31 perdieron sólo el reflejo de cierre de la membrana nictitante, y dos perdieron sólo el equilibrio. El individuo registrado muerto tuvo dos de los cuatro índices de reflejos deteriorados (BITE+NM; RAMP=0.5). El 95,78% de los tiburones mostraron signos de deterioro de reflejos para cualquiera de los cinco índices establecidos: mordida, membrana nictitante, flex, equilibrio/balance. 48 no tuvieron BITE, 87 no presentaron el reflejo de NM, 20 no tuvieron FLEX y 26 no tuvieron EQUIL. No existe correlación entre el tiempo y el deterioro de los reflejos (fig.9).

**Tabla 5.** Índice de reflejos RAMP

<i>RAMP impairment index</i> (total no.per proportion)	<i>BITE</i>	<i>NM</i>	<i>FLEX</i>	<i>EQUIL</i>
0 (n=4)	0	0	0	0
0.25 (n=35)	0.057	0.886	0	0.057
0.50 (n=30)	0.700	1.000	0.133	0.167
0.75 (n=18)	0.944	1.000	0.111	0.611
1 (n=8)	1.000	1.000	1.000	1.000



**Figura 9.** Correlación de Pearson del RAMP y el tiempo de lucha.

### **Comportamiento de natación.**

76 tiburones (80%) presentaron comportamiento de natación direccional, mientras que 18 tiburones (18.94%) nadaron de forma no direccional post liberación. Sólo un tiburón (1.05%) no tuvo movimiento durante su liberación. El 9.47% de los tiburones evaluados y seguidos en el agua por un nadador con equipo de snorkel se fondeó (tocó el fondo), por lo que inmediatamente se realizó RCP para ayudarlo a continuar nadando y que el agua circule por sus agallas. Además, varios de los tiburones evaluados estaban mordidos o lastimados aparentemente por otros tiburones.

### **Correlación múltiple.**

Se realizó una correlación múltiple utilizando el paquete estadístico Hmisc en r. Se encontró una correlación para la temperatura y la glucosa ( $p= 0.0479$ ). La glucosa también se correlacionó con el tiempo ( $p= 0.0015$ ), y la temperatura ( $p=0.0479$ ). El lactato se correlacionó con el TL de los tiburones ( $p=0.0064$ ), y con la glucosa ( $p=0.0136$ ).

**Tabla 6.** Correlación múltiple de las variables: p-value.

	<i>Temperatura</i>	<i>Tiempo</i>	<i>TL</i>	<i>Glucosa</i>	<i>Lactato</i>	<i>Hb</i>
<i>Glucosa</i>	<b>0.0479</b>	<b>0.0015</b>	0.4810		<b>0.0136</b>	0.2950
<i>Lactato</i>	0.1548	0.0836	<b>0.0064</b>	<b>0.0136</b>		0.9890
<i>Hb</i>	0.1587	0.0822	0.6688	0.2956	0.9892	

## DISCUSIÓN

Ningún estudio había evaluado en las Islas Galápagos el daño que inflige para un tiburón caer en una red de trasmallo, el tiempo de lucha de los tiburones, y las respuestas fisiológicas derivadas del estrés por captura, en la sangre, considerando su talla, peso, y sexo.

### **Talla, peso y sexo**

El tamaño de nuestros neonatos y juveniles de *C. limbatus* osciló entre los 54 y 78cm TL, y no encontramos diferencias de tamaño entre hembras y machos. La única diferencia significativa encontrada con respecto a las tallas entre machos y hembras fue el Frontal Length. Esto sugiere que existen diferencias mínimas en esta parte del cuerpo de los tiburones juveniles y neonatos, donde las hembras presentaron mayor tamaño (19.11cm) a comparación de los machos (18.44cm). Además, la correlación negativa encontrada entre el TL de los tiburones y el incremento de los niveles de lactato, sugieren que mientras más pequeño es el individuo requerirá de mayor gasto energético para luchar o pelear en la red (Moyes et al., 2006).

### **Temperatura del agua**

Existe la posibilidad de que los tiburones que habitan en áreas costeras de latitudes tropicales estén viviendo al tope de sus límites de tolerancia térmica, por ende, son más susceptibles a pequeños cambios de temperatura (Rummer et al., 2014). Factores abióticos como la temperatura del agua pueden afectar en los procesos fisiológicos durante el evento de captura (Frick et al., 2010). Algunos organismos como los peces salmónidos han mostrado un estrés relacionado con la temperatura, o durante las épocas más cálidas del año (Hoffmayer et al., 2012). Por esta razón los tiburones juveniles enfrentan un gran desafío en aguas costeras poco profundas, ya que las temperaturas altas podrían llegar a ser letales (Danylchuk et al., 2014). Durante nuestros monitoreos hubo una variación entre la temperatura mínima de 22°C



para junio, considerado como mes de transición para las Islas Galápagos; y la temperatura máxima de 25°C para febrero 2021, temporada cálida en el archipiélago. En este estudio se evidenció una correlación negativa entre la temperatura del agua y los valores encontrados en la glucosa: los valores de glucosa en la sangre disminuyeron cuando la temperatura aumentó (fig.8.A). De igual manera, la correlación múltiple arrojó significancia entre la temperatura y la glucosa ( $p=0.0479$ ). El incremento en la temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua (Bernal et al., 2012), y se han registrado mayores alteraciones fisiológicas en aguas más cálidas (Gale et al., 2011). Los cambios extremos pueden alterar el organismo interno de los tiburones produciendo valores alejados de lo normal (Hoffmayer et al., 2012). La temperatura no estuvo correlacionada con los valores de lactato, ni de Hb en la sangre de los tiburones. Pese a que, según Hoffmayer et al. (2012) el aumento de temperatura del agua afecta a la cantidad de lactato circulante, Bouyoucos et al. (2018), evidenció el incremento de Hb con el aumento de la temperatura.

### **Tiempo de lucha**

La duración de la captura influye en el nivel de alteración fisiológica en peces (Skomal, 2006). Esta duración de pelea ya ha sido correlacionada con el estrés en otras investigaciones en peces (Kieffer, 2000). En nuestro estudio encontramos que el tiempo de lucha estuvo correlacionado con altos valores de glucosa en la sangre (fig.3.A), así como con la temperatura ( $p= 0.0290$ ). El estudio de Brownscombe et al. (2015) presentó una correlación entre el lactato sanguíneo con el tiempo de lucha, y el tiempo de exposición al aire (Butler et al., 2017), tal y como lo presentan los valores estadísticamente significativos entre el tiempo de lucha y el lactato encontrados en nuestra correlación (fig.4), se encontraron valores significativos en la regresión lineal múltiple (tabla 3). No obstante no se encontró correlación entre el tiempo de pelea con la hemoglobina (fig.3.C), ni tampoco en la regresión (tabla 4).

### **Respuesta secundaria al estrés**

El sexo de los tiburones no fue significativo en los valores encontrados en la glucosa, lactato y hemoglobina como respuestas secundarias al estrés.

### **Glucosa**

La respuesta secundaria ante el estrés en peces incluye elevadas concentraciones de glucosa (Hoffmayer et al., 2012), tal y como lo demuestran los valores encontrados en nuestro estudio, los cuales se encuentran correlacionados con el tiempo de lucha en la red de trasmallo (fig.3.A). Otros estudios reportaron resultados similares que coinciden con el aumento de la glucosa y el tiempo de lucha (Mohan et al, 2020; Hoffmayer, Hendon y Parsons, 2012). Resultados similares encontramos en la regresión múltiple (tabla 2), en la cual se mostraron valores significativos para el tiempo como efecto en la glucosa de los tiburones. La concentración de glucosa en la sangre puede atribuirse a su función requerida del musculo blanco asociado a la pelea (Butler et al., 2017), ya que la utilizan la glucosa para la obtención rápida de energía (Jerome et al., 2018).

### **Lactato**

Los niveles de lactato subieron hasta 5.3mmol/L a los 5mins de lucha en red, tal y como lo reportan estudios similares en tiburones punta negra: 5.62 mmol/L a los cinco minutos de pelea, o una media de  $5.23 \pm 1.93$  mmol/L a los 7.5mins de pelea (Whitney et al., 2017). La mediana de nuestros valores de lactato fueron de  $1.3 \pm 0.93$  mmol/L (rango 0.40-5.3); similares a los valores reportados por Pinder et al. (2017), en los cuales la media de lactato fue de  $1.25 \pm 0.09$ mmol/l (rango 0.40-2.60) lo que expone resultados similares como consecuencia de estrés por captura y liberación. Otros estudios describieron una relación entre el lactato, con el tiempo de pelea (Pinder et al., 2017; Marshall et al., 2012; Jerome et al., 2018), y nuestra regresión expone significancia entre estas variables (tabla 3). Asimismo, Butler et al. (2017) encontró una

relación entre los valores de lactato y la exposición al aire. Por esta razón, independientemente del tiempo de lucha en la red, los niveles de lactato presente en la sangre de nuestros tiburones pudo variar, posiblemente de acuerdo al tiempo que estuvieron fuera del agua. El lactato presente en la sangre de nuestros tiburones evaluados estuvo correlacionado de forma significativa con el tiempo de lucha (fig.4),

Los valores de lactato estuvieron correlacionados también con el TL (fig. 6) de los tiburones evaluados ( $p=0.0064$ ), tal y como lo reportaron estudios previos, en los que los valores de lactato obtenidos estuvieron relacionados con el tamaño del individuo (Marshall et al., 2012), ya que el lactato es un metabolito producido de forma anaeróbica en el músculo blanco como consecuencia de ejercicios exhaustivos (Moyes et al., 2006), lo que puede indicar que el tiburón estuvo luchando en la red de trasmallo. El lactato estuvo correlacionado con los valores de la glucosa ( $p=0.0136$ ) (tabla 6).

### **Hemoglobina**

El tiempo de lucha no estuvo correlacionado con los valores encontrados en Hb (fig.3B). En otros estudios si se ha reportado una relación entre la concentración de hemoglobina y el estrés de los tiburones. En peces teleósteos las proteínas plasmáticas representan entre el 20-40% de la capacidad amortiguadora en la sangre y de los glóbulos rojos. Sin embargo, en los elasmobranquios, estas proteínas subsidian más del 70% de la capacidad amortiguadora total de la sangre (Brill et al., 2007). Gracias a esta capacidad de amortiguación de las proteínas plasmáticas es posible explicar porque en los elasmobranquios no es común observar el incremento de los glóbulos rojos posterior a un ejercicio exhaustivo (Lowe & Baldwin, 1995).

### **Regresión lineal múltiple**

En la regresión lineal múltiple se evaluó cómo las variables independientes (tiempo y temperatura) ejercen efecto sobre los resultados analizados en la sangre (glucosa, lactato, hemoglobina), considerados como las variables dependientes. El tiempo de lucha de los tiburones en red, influye o ejerce efecto sobre los resultados encontrados en la glucosa presentes en la sangre de los tiburones juveniles evaluados (tabla 2). Por lo cual, esta variable (glucosa), es una variable de resultado que deseamos explicar mediante el uso de otras variables como tiempo y temperatura. De acuerdo a esta regresión es posible determinar que el aumento del tiempo en red ejerce efecto en el aumento de la glucosa de los tiburones, ya que al aumentar el tiempo de lucha, los valores de glucosa se incrementaron también. Asimismo, de acuerdo a los valores estadísticamente significativos (tabla 3) se encontró que tanto el tiempo como la temperatura pueden ejercer efecto sobre los valores de lactato, considerado como una de nuestras variables de interés. De acuerdo a este método estadístico es posible estudiar el efecto de una o más variables independientes sobre la variable dependiente de este estudio. Además el modelo nos dice que el tiempo de lucha en red y la temperatura del agua son variables que influyen en los valores encontrados para el lactato, lo cual es un resultado esperado, ya que en otros estudios las variables de tiempo y temperatura ya han sido asociados con el incremento de lactato en los tiburones (Pinder et al., 2017; Marshall et al., 2012; Jerome et al., 2018). Sin embargo, los resultados de la regresión exponen que no existe efecto del tiempo y la temperatura sobre la hemoglobina de los tiburones evaluados (tabla 4). Los valores encontrados en la regresión lineal múltiple no son estadísticamente significativos, por lo tanto no existe efecto de las variables tiempo/temperatura para la hemoglobina.

### **Deterioro de los reflejos- RAMP**

El 95.78% de los tiburones evaluados presentaron deterioro en uno o en varios de los reflejos evaluados (tabla 5). Sin embargo, no se evidenció correlación entre el tiempo y el deterioro de los reflejos de nuestro estudio (fig.9). Los reflejos más deteriorados fueron el de cierre de la membrana nictitante, y el de mordida. Jerome et al. (2018) encontraron que el deterioro más significativo fue el del reflejo de la mandíbula caracterizado como un alto predictor de alteración a causa del tiempo enganchado en su estudio. La exposición al aire también causa deterioro significativo en los reflejos (Brownscombe et al., 2015), problemas de barotrauma (Cooke, 2007), alteración en comportamientos (Hanson et al., 2007) y riesgo de mortalidad. La agrupación de factores físicos, ecológicos, químicos (Davis, 2010), y la manipulación (Butler et al., 2017) pueden afectar a la respuesta de los reflejos de diferentes maneras (Davis, 2010). Asimismo, otros estudios asociaron el aumento de lactato el deterioro de los reflejos (Jerome et al., 2018), sin embargo, en nuestro estudio no se encontró esta relación.

Con respecto al comportamiento de natación, el 80% de los tiburones presentó nado direccional durante el seguimiento, posterior a su liberación. Lo que indica que los tiburones estuvieron en buen estado al momento de su liberación. No obstante, se presentó una tasa de mortalidad de 1.05% durante el monitoreo. Otros estudios presentaron una tasa de mortalidad de 9.7% dentro de las 2h posteriores a la liberación (Whitney et al., 2017), y 30% hasta las 14h postliberación (Mohan et al., 2020). Dapp et al. (2016) evidenciaron una tasa de mortalidad de 79% para redes de enmalle, y 84.2% para artes de arrastre. La tasa de mortalidad puede fluctuar de acuerdo al modo respiratorio de la especie o artes de pesca utilizadas (Dapp et al., 2016). Además resulta difícil de evaluar ya que varios métodos utilizados no son aplicables a todas las especies (Skomal, 2007).

El manejo de pesquerías en Ecuador resulta deficiente, existe poco control para hacer respetar las regulaciones establecidas y las medidas del ordenamiento pesquero. Hay escaso o nulo conocimiento con respecto a la biología básica de muchas especies de tiburones, en distintas áreas. No existe certeza sobre la abundancia real de sus poblaciones, datos sobre la captura, y pesca incidental de los mismos. Estas limitaciones pueden ser superadas con el apoyo de un grupo de trabajo enfocado en investigación necesaria que permita respaldar decisiones importantes (Aguilar, Chalén, & Villón, 2005), sobretodo enfocadas en el desarrollo y manejo de una pesca artesanal sustentable.

## CONCLUSIONES

Este es uno de los primeros estudios que analiza en la Isla San Cristóbal- Galápagos el daño que inflige para un tiburón caer en una red de trasmallo, como pesca incidental, incluyendo el tiempo de pelea, las respuestas fisiológicas, el deterioro de reflejos y el índice de mortalidad post-liberación de los juveniles de la especie *Carcharhinus limbatus*. Como respuesta secundaria ante el estrés nuestro estudio evidencia el aumento en los niveles de glucosa, y de lactato en función al tiempo de lucha en la red. Por lo tanto, nuestra hipótesis es positiva, ya que se esperaba que exista una relación entre el tiempo de pelea de los tiburones con los niveles de estrés reflejados en la sangre. Sin embargo, no hubo correlación, ni efecto del tiempo de pelea con la hemoglobina. Los valores de glucosa presentaron una correlación negativa con respecto a la temperatura del agua; al igual que los valores de lactato que se correlacionaron negativamente con el TL de los tiburones. No se evidenció diferencias entre machos y hembras para los parámetros evaluados. De acuerdo a la regresión, variables como la temperatura y el tiempo de lucha, ejercen efecto en los valores de lactato. Nuestros resultados también exponen que los tiburones neonatos y juveniles no presentan altas tasas de mortalidad dentro de los siete minutos de captura en una red de trasmallo, lo que sugiere una alta tasa de supervivencia si es que es liberado dentro de este tiempo. El 80% de los tiburones presentó un comportamiento de natación de forma direccional. No obstante, se debe considerar que el 95.78% de los tiburones evaluados perdieron al menos uno de los reflejos (mordida, cierre de membrana nictitante, flexión del cuerpo, equilibrio/balance), pero el tiempo de pelea en la red no tuvo correlación con esta pérdida de reflejos, por lo que nuestra hipótesis fue falsa. En conclusión, los tiburones juveniles punta negra, *Carcharhinus limbatus*, exponen distintos niveles de estrés reflejados en los parámetros sanguíneos evaluados, y; las variables como temperatura del agua o tiempo de

lucha influyen en los cambios de estos valores, por lo cual se sugiere, realizar estudios a futuro que corroboren los efectos a largo plazo de los impactos por captura incidental en los tiburones.



## REFERENCIAS

- Aguilar, F., Chalén, X., & Villón, C. (2005). *Plan de acción nacional de tiburones*. Instituto Nacional de Pesca.
- Ahassi, C. (2007). *Lo Galapagueño, Los Galapagueños. Proceso de construcción de identidades en las Islas Galápagos*. España: Revista de Antropología Experimental 14: 169-176.
- Arends, R., Mancera, M., Muñoz, J., Wendelaar, S., & Flik, G. (1999). *The stress response of the gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) to air exposure and confinement*. Journal of Endocrinology. doi:<https://doi.org/10.1677/joe.0.1630149>
- Barandica & Tort. (2008). *Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 32 (123): 267-284
- Barton, B. (2002). *Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to change in circulating corticosteroids*. Integrative and Comparative Biology, 42(3), 517–525. <https://doi.org/10.1093/icb/42.3.517>.
- Barton, B., & Iwama, G. (1991). *Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids* (Vol. 1). doi:[https://doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90019-G](https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90019-G)
- Bernal, D., Carlson, J., Goldman, K., & Lowe, C. (2012). *Energetics, metabolism, and endothermy in sharks and rays*.
- Bigelow, H., & Schroeder, C. (1948). *Fishes of the Western North Atlantic*. .

- Biton, S., Dekeyser, I., Banaru, D., Bouchoucha, M., & Marco, F. (2016). *Using body mass index (BMI) to estimate mercury contamination of the blue shark (Prionace glauca) and the shortfin mako (Isurus oxyrinchus)*. *Cybium* 40(4): 319-322.
- Bouyoucos, I., Weideli, O., Planes, S., Simpfendorfer, C., & Rummer, J. (2018). *Dead tired: evaluating the physiological status and survival of neonatal reef sharks under stress* (Vol. 6). Oxford University Press and the Society for Experimental Biology.  
doi:10.1093/conphys/coy053
- Braccini, M., Van Rijn, J., & Frick, L. (2012). *High Post-Capture Survival for Sharks, Rays and Chimaeras Discarded in the Main Shark Fishery of Australia?* PLOS ONE 7(2): e32547. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032547>
- Branson, E. (2008). *Fish welfare*. United Kingdom. Blackwell Publishing.
- Branstetter, S. (1987). *Age and growth estimates for Blacktip, Carcharhinus limbatus, and Spinner, C. brevipinna, Sharks from the Northwestern Gulf of Mexico*. *Copeia* by American Society of Ichthyologists and Herpetologist . Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/1445560>
- Brill, R., Bushnell, P., Schroff, S., Seifert, R., & Galvin, M. (2007). *Effects of anaerobic exercise accompanying catch-and-release fishing on blood-oxygen affinity of the sandbar shark (Carcharhinus plumbeus, Nardo)*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 354: 132-143
- Brownscombe, J., Griffin, L., Gagne, T., Haak, C., Cooke, H., & Danylchuk, A. (2015). *Physiological stress and reflex impairment of recreationally angled bonefish in Puerto Rico*. *Environmental Biology of Fishes* 98, 2287-2295.  
doi:<https://doi.org/10.1007/s10641-015-0444-y>

- Brunnschweiler, J. (2005). *Water-escape velocities in jumping blacktip sharks*. *Journal of the Royal Society Interface* 2 (4): 389-91. doi:10.1098/rsif.2005.0047
- Butler, E., Childs, A., Parkinson, M., & Potts, W. (2017). *An assessment of the health and survival of fishes caught-and-released in high-energy surf zones during a South African competitive angling event*. *Fisheries Research* 195: 152-168.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.07.002>
- Carr, L., Stier, A., Fietz, K., Montero, I., Gallagher, A., & Bruno, J. (2013). *Illegal shark fishing in the Galapagos Marine Reserve*. *Marine Policy* 39, 317-321.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.005>
- Castrejón, M. (2011). *Co-Manejo Pesquero en la Reserva Marina de Galápagos*. Obtenido de [https://www.academia.edu/6159216/Co\\_Manejo\\_Pesquero\\_en\\_la\\_Reserva\\_Marina\\_de\\_Gal%C3%A1pagos](https://www.academia.edu/6159216/Co_Manejo_Pesquero_en_la_Reserva_Marina_de_Gal%C3%A1pagos)
- Castro, J. (1983). *The Sharks of North American Waters*. Texas A&M University Press.
- Castro, J. (1993). *The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States*. *Environmental Biology of Fishes* 38: 37-48.
- Castro, J. (1996). *Biology of the Blacktip shark Carcharhinus limbatus, off the southeastern United States*. *Bulletin of Marine Science*, 59(3): 508-522.
- Chiriboga, Y. (2018). *Ecología Espacial y Conservación de tiburones neonatos y juveniles punta negra (Carcharhinus limbatus) en la Isla San Cristóbal – Reserva Marina de Galápagos*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

- Cooke, S. (2007). *Catch-and-release science and its application to conservation and management of recreational fisheries*. Ottawa, Canada: Fisheries Management and Ecology 14, 73-79.
- Danylchuk, A., Suski, C., Mandelman, J., Murchie, K., Haak, C., Brooks, A., & Cooke, S. (2014). *Hooking injury, physiological status and short-term mortality of juvenile lemon sharks (Negaprion brevirostris) following catch-and-release recreational angling*. Conservation Physiology. doi:10.1093/conphys/cot036
- Dapp, D., Walker, T., Huvenners, C., & Reina, R. (2016). *Respiratory mode and gear type are important determinants of elasmobranch immediate and post-release mortality*. Fish Fish 17: 507-524.
- Davis, M. (2007). *Simulated fishing experiments for predicting delayed mortality rates using reflex impairment in restrained fish*. ICES J Mar Sci 64: 1535-1542.
- Davis, M. (2010). *Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment*. Fish and Fisheries, 11, 1-11.
- De los Santos, E. (2017). *Respuestas fisiológicas de peces sometidos a estrés*. Universidad de la Laguna.
- DPNG. (2014). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir*. Puerto Ayor, Galápagos, Ecuador.
- Estupiñan, C., Pacheco, F., Cedeño, L., Galván, F., & Estupiñan, J. (2018). *Diet of three shark species in the Ecuadorian Pacific, Carcharhinus falciformis, Carcharhinus limbatus and Nasolamia velox*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 98(4), 927-935.

FCD. (2013). *Data Zone*. Obtenido de <http://checklists.datazone.darwinfoundation.org>

Frick, L., Reina, R., & Walker, T. (2010). *Stress related physiological changes and post-release survival of Port Jackson sharks (*Heterodontus portusjacksoni*) and gummy sharks (*Mustelus antarcticus*) following gill-net and longline capture in captivity*. Australia: Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.

Gale, M., Hinch, S., Eliason, E., Cooke, S., & Patterson, D. (2011). *Physiological impairment of adult sockeye salmon in fresh water after simulated capture-and-release across a range of temperatures*. *Fish Res* 112:85–95.

Gallagher, A., Staaterman, E., Cooke, S., & Hammerschlag, N. (2017). *Behavioural responses to fisheries capture among sharks caught using experimental fishery gear*. *Can J Fish Aquat Sci* 74: 1-7. doi:<https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0165>

Hanson, K., Cooke, S., Suski, C., & Philipp, D. (2007). *Effects of different angling practices on post-release behaviour of nest-guarding male black bass, *Micropterus* spp.* *Fisheries Management and Ecology*, 14(2), 141-148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2007.00534.x>

Hearn, A., Acuña, D., Ketchum, J., Peñaherrera, C., Green, J., Marshall, A., . . . Shillinger, G. (2014). *Elasmobranchs of the Galapagos Marine Reserve*. *Social and Ecological Interactions in the Galapagos Islands*. doi:DOI 10.1007/978-3-319-02769-2\_2

Heupel, M., & Simpfendorfer, C. (2005). *Quantitative analysis of aggregation behavior in juvenile blacktip sharks*. *Marine Biology* 147: 1239-1249. doi: 10.1007/s00227-005-0004-7

- Heupel, M., Carlson, J., & Simpfendorfer, C. (2007). *Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions*. Marine Ecology Progress series Vol 337: 287-297.
- Heupel, M., Simpfendorfer, C., & Hueter, R. (2004). *Estimation of shark home ranges using passive monitoring techniques*. Environmental Biology of Fishes 71, 135-142.
- Hight, B., Holts, D., Graham, J., Kennedy, B., Taylor, V., Sepulveda, C., . . . Chin, N. (2007). *Plasma catecholamine levels as indicators of the post-release survivorship of juvenile pelagic sharks caught on experimental drift longlines in the Southern California Bight*. Marine and Freshwater Research 58(1) 145-151.  
doi:<https://doi.org/10.1071/MF05260>
- Hirschfeld, M. (2013). *Habitat use and movement patterns of juvenile and neonate blacktip sharks, Carcharhinus limbatus in nursery areas of San Cristobal Island, Galápagos*. Quito: Universidad San Francisco.
- Hoffmayer, E., & Parsons, G. (2001). *The physiological response to capture and handling stress in the Atlantic sharpnose shark, Rhizoprionodon terraenovae*. Fish Physiol Biochem 25: 277–285.
- Hoffmayer, E., Hendon, J., & Parson, G. (2012). *Seasonal modulation in the secondary stress response of a carcharhinid shark, Rhizoprionodon terraenovae*. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol 162(2):81-7. doi:10.1016/j.cbpa.2011.05.002
- Huber, D., Weggelaar, C., & Motta, P. (2006). *Scaling of bite force in the blacktip shark Carcharhinus limbatus*. Elsevier Zoology 109: 109-119.  
doi:doi:10.1016/j.zool.2005.12.002

- Jacquet, J., Alava, J., Pramod, G., Henderson, S., & Zeller, D. (2008). *In hot soup: sharks captured in Ecuador's waters*. doi:<https://doi.org/10.1080/15693430802466325>
- Jerome, J., Gallagher, A., Cooke, S., & Hammerschlag, N. (2018). *Integrating reflexes with physiological measures to evaluate coastal shark stress response to capture*. ICES Journal of Marine Science 75(2): 796-804. doi:<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx191>
- Keeney, D., Heupel, M., Hueter, R., & Heist, E. (2003). *Genetic evidence of stock structure among blacktip shark *Carcharhinus limbatus*, continental nurseries along the U.S Atlantic and Gulf of Mexico*. Mar Bio 143: 1039-1046.
- Keeney, D., Heupel, M., Hueter, R., & Heist, E. (2003). *Genetic heterogeneity among blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, continental nurseries along the U.S. Atlantic and Gulf of Mexico*. Marine Biology 143: 1039-1046. doi:10.1007/s00227-003-1166-9
- Kieffer, J. (2000). *Limits to exhaustive exercise in fish*. Comp Biochem Physiology 126: 161-179.
- Knip, D., Heupel, M., & Simpfendorfer, C. (2010). *Sharks in nearshore environments: models, importance, and consequences*. Mar Ecol Prog Ser 402: 1-11.
- Llerena, Y., Peñaherrera, C., & Espinoza, E. (2018). *Fish assemblages in three fringed mangrove bays of Santa Cruz Island, Galapagos Marine Reserve*. Revista de Biología Tropical. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33400>
- Lowe, T., Wells, R., & Baldwin, J. (1995). *Absence of regulated blood-oxygen transport in response to strenuous exercise by the shovelnosed ray, *Phinobatos typus**. Mar. Freshw. Res 46: 441-446

- Mandelman, J., & Skomal, G. (2009). *Differential sensitivity to capture stress assessed by blood acid-base status in five carcharhinid sharks*. *J Comp Physiol B* 179(3):267-77. doi:10.1007/s00360-008-0306-4
- Marshall, H., Field, L., Afiadata, A., Sepulveda, C., Skomal, G., & Bernal, D. (2012). *Hematological indicators of stress in longline-captured sharks*. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 162(2):121-9. doi:10.1016/j.cbpa.2012.02.008
- Martin, K., Abel, D., Crane, D., Hammerschlag, N., & Burge, E. (2019). *Blacktip shark Carcharhinus limbatus presence at fishing piers in South Carolina: association and environmental drivers*. *Journal of fish biology* 94: 469-480. doi:DOI: 10.1111/jfb.13917
- Mohan, J., Jones, E., Hendon, J., Falterman, B., Boswell, K., Hoffmayer, E., & Wells, D. (2020). *Capture stress and post-release mortality of blacktip sharks in recreational charter fisheries of the Gulf of Mexico*. *Conservation Physiology*. doi: 10.1093/conphys/coaa041
- Moyes, C., Musyl, M., & Brill, R. (2006). *Predicting Postrelease Survival in Large Pelagic Fish*. *Transactions of the American Fisheries Society* 135: 1389-1397. doi:10.1577/T05-224.1
- National Geographic (2018). Nuevo Santuario de las Galápagos. Obtenido de: <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/santuario-galapagos-reserva-lugar-donde-hay-tiburones-mar/>
- Ormaza, F. (2016). *Eventos oceanográficos de alta y baja frecuencia en el Océano Pacífico Ecuatorial este Evaluación de su seguimiento y predicción* (Vol. 1). doi: <http://dx.doi.org/10.19239/riidv1n3p1>



- Pinder, A., Velterop, R., Cooke, S., & Britton, R. (2017). *Consequences of catch-and-release angling for black bream *Spondyllosoma cantharus*, during the parental care period: implications for management* (Vol. 74). ICES Journal of Marine Science. doi: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw151>
- Pizzitutti, F., Walsh, S., Rindfuss, R., Reck, G., Quiroga, D., Tippett, R., & Mena, C. (2016). *Scenario planning for tourism management: a participatory and system dynamics model applied to the Galapagos Islands of Ecuador*. Journal of Sustainable Tourism, 25:8, 1117-1137. doi: <https://doi.org/10.1080/09669582.2016.1257011>
- Raby, G., Donaldson, M., Hinch, S., Patterson, D., Lotto, A., Robichaud, D., . . . Cooke, S. (2011). *Validation of reflex indicators for measuring vitality and predicting the delayed mortality of wild coho salmon bycatch released from fishing gears*. Journal of Applied Ecology. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02073.x>
- Reck, G. (1983). *The coastal fisheries in the Galapagos Islands, Ecuador. Description and consequences for management in the context of marine environmental protection and regional development*. Universidad Christian Albrecht.
- Rummer, J., Couturier, C., Stecyk, J., Gardiner, N., Kinch, J., Nilsson, G., & Munday, P. (2014). *Life on the edge: thermal optima for aerobic scope of equatorial reef fishes are close to current day temperatures*. Glob Chang Biol 20: 1055–1066.
- Ryer, C. (2002). *Trawl stress and escapee vulnerability to predation in juvenile walleye pollock: is there an unobserved bycatch of behaviorally impaired escapess?* Marine Ecology Progress Series, 232: 269-279.

- Saez, G., Chero, J., Cruces, C., Minaya, D., Cynthia, R., Suyo, B., Romero, S., Guabloche, A., Tuesta, E., Alvariño, L., & Iannacone, J. (2018). *Hematological parameters and blood biochemical in ten species of marine fish captured by artisanal fishery in Callao Bay, Peru*. *Rev. investig. vet. Perú* vol.29 no.4 Lima.  
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15204>
- Schiller, L., Alava, J., Grove, J., Reck, G., & Pauly, D. (2014). *The demise of Darwin's fishes: evidence of fishing down and illegal shark finning in the Galápagos Islands* (Vol. 25). *Aquatic Conservation*. doi: <https://doi.org/10.1002/aqc.2458>
- Skomal, G. (2006). *The Physiological Effects of Capture Stress on Post-release Survivorship of Sharks, Tunas, and Marlin*. Ph thesis. Graduate School of Arts and Sciences, Boston University, Boston.
- Skomal, G. (2007). *Evaluating the physiological and physical consequences of capture on post-release survivorship in large pelagic fishes*. *Fisheries Management and Ecology* 14(2): 81-89. doi:10.1111/j.1365-2400.2007.00528.x
- Skomal, G., & Mandelman, J. (2012). *The physiological response to anthropogenic stressors in marine elasmobranch fishes: a review with a focus on the secondary response*. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 162(2): 146-55.  
doi:10.1016/j.cbpa.2011.10.002
- Tapia, W., Ospina, P., Quiroga, D., Gonzáles, D., & Montes, D. (2009). *Ciencias para la sostenibilidad en Galápagos. El papel de la investigación científica y tecnológica en el pasado, presente y futuro del archipiélago*. Parque Nacional Galápagos.  
Universidad Andina Simón Bolívar, Universidad Autónoma de Madrid y Universidad San Francisco de Quito.

Wendelaar, S. (1997). *The stress response in fish*. American Physiological Society

<https://doi.org/10.1152/physrev.1997.77.3.591>

Wendelaar, S. (2011). *Hormonal responses to stress*. Encyclopedia of Fish Physiology.

doi:10.1016/B978-0-12-374553-8.00183-0

Whitney, N., White, C., Anderson, P., Hueter, R., & Skomal, G. (2017). *The physiological stress response, postrelease behavior, and mortality of blacktip sharks (Carcharhinus limbatus) caught on circle and J-hooks in the Florida recreational fishery*. Fish Bull 115: 532-543. Obtenido de [https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/fish-bull/whitney\\_0.pdf](https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/fish-bull/whitney_0.pdf)

Zambrano, R. (2015). *Breve historia y perspectivas para el futuro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP)*. VIII Jornadas Académicas de Patrimonio y Turismo.

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO A.....pág. 61-63.

ANEXO B.....pág. 64-67.

ANEXO A: BASE DE DATOS DE NEONATOS Y JUVENILES DE *CARCHARHINUS**LIMBATUS*.

Fecha	#Individuo	Temperatura (°C)	Tiempo (mins)	TL(cm)	FL(cm)	PL(cm)	Girth(cm)	Lateral(cm)	Frontal(cm)	Proximal(cm)	Caudal(cm)	Sex	Peso(kg)	Glucose	Lactate	Hb	Bite	NM	Flex	Equilibrium	RAMP
04/03/2021	1	25	0	61	50	44.5	24	16	19	17	9	F	1.5	36	1.1	NA	No	No	Si	Si	0.5
	2	25	1	61	51	46	24.5	16.5	19	17	9.5	F	1.5	38	1.4	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	3	25	1	67	56	50	25	16	18	16	9.5	F	1.8	36	1.5	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	4	25	1	63	52	48	24.5	16.5	18	15.5	9.5	F	1.6	37	1.2	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	5	25	3	70	57.5	51.5	30	17	20	21	10	F	2.1	44	1.6	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	6	25	4	61	53	48	25	17	19	19	9.5	F	1.7	56	2.3	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	7	25	5	60	53	47	24	16	17	17	10	F	1.6	40	3	NA	No	No	No	No	0
	8	25	5	63	54	48	26	18	20	18	9	F	1.8	49	3.2	NA	No	No	Si	No	0.25
	9	25	0	68	56	51	29	21	17	19	10	M	NA	36	1.6	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	10	25	0	65	53	47.5	25	16.5	20	18	9.2	M	1.6	NA	NA	NA	Si	Si	Si	Si	1
	11	25	1	64	55	49	27	17	20	18.5	10.6	M	1.9	41	2.5	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	12	25	2	63.5	52.5	48	25	15	17	14.5	9.8	M	1.5	46	1.9	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	13	25	4	65	55.6	50	25.5	18	20	19.5	9.5	M	2	NA	NA	NA	Si	Si	Si	Si	1
05/03/2021	14	24.7	1	56	46	41.5	23	14	16	14.5	7.5	F	1.1	60	2.4	NA	No	No	No	No	0
	15	24.7	2	68	56	51	25.5	17	21	19	9.5	F	1.9	NA	NA	NA	No	No	Si	Si	0.5
	16	24.7	6	65.5	55	49	26.5	17	20	20.5	9	F	1.7	65	2.4	NA	No	No	Si	Si	0.5
	17	24.7	3	66	56	50	25	17	19	17.5	9	F	1.6	65	1.3	NA	Si	Si	Si	Si	1
	18	24.7	3	67	56	50	27.5	18.5	21	19	9.5	F	1.8	56	1.9	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	19	24.7	0	64	55.5	49	27	17	19	18.5	9	M	1.7	53	1.8	NA	Si	No	Si	Si	0.75
06/03/2021	20	24.8	2	66	54.5	49	27.5	17.5	21	20	9	F	1.8	57	2.1	NA	No	No	Si	Si	0.5
	21	24.8	1	62	52.5	48	24.5	16.5	19	17.5	9	M	1.5	56	2	NA	No	No	No	Si	0.25
	22	24.8	1	64	53	47	25.5	16	20	18	8.5	M	1.5	41	1.4	NA	No	No	No	Si	0.25
	23	24.8	5	68	61	53	28.5	18	21	20	11.5	M	2.4	58	1.5	NA	No	No	Si	Si	0.5
	24	24.8	6	60	52	45	23	16	18	17	8.5	M	1.9	66	3.8	NA	Si	No	Si	Si	0.75
17/04/2021	25	25	6	66	57	51	36.5	18	19	18	9	F	2.9	63	0.8	6	Si	No	Si	Si	0.75
	26	25	1	66	55	49	27.5	17	19	17.5	9.5	F	1.7	29	0.6	4.7	Si	Si	Si	No	0.75
	27	25	3	63	53	48	25	16	18	17	8.5	F	1.5	57	1.8	8	No	No	Si	Si	0.5
	28	25	2	71	58.5	53	27	17.5	20	19	9.5	F	2.9	24	0.9	0.5	Si	No	Si	Si	0.75
	29	25	2	65	55	49	27	19	20	18	10	F	1.8	59	0.5	10.9	Si	No	Si	Si	0.75
	30	25	3	59	51	47	21	19	21	18	9	F	2.4	51	1.3	4.5	No	No	Si	Si	0.5
	31	25	4	67	56	51	24	18	19	17	9	F	2.1	NA	NA	NA	No	Si	Si	Si	0.75
	32	25	4	62	53	49	25	18.5	19.5	17	9	F	1.7	55	1.2	6.2	No	No	Si	No	0.25

	33	25	3	69	56	50	27	18	21	19	9.5	F	1.8	57	1.6	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	34	25	2	70	58	52	29	18	20	20	9.5	M	2.8	51	0.9	1.5	No	Si	Si	Si	0.75
	35	25	1	64	52	47	26	16	19	17	8.5	M	1.5	46	0.4	1.7	No	No	Si	Si	0.5
	36	25	3	69	58	53	25	20	21	19	9.5	M	2.2	29	1.2	2.8	No	No	Si	Si	0.5
18/04/2021	37	23.3	3	67	57	52	26	17.3	19.5	18	9	F	2.1	58	1.9	5.6	Si	No	Si	Si	0.75
	38	23.3	3	65	54	49	24	17	19	17.5	10	F	1.8	58	1.8	6.1	Si	Si	Si	No	0.75
	39	23.3	3	62	52	47	26	17	20	18.5	10.5	F	1.9	68	1.3	4.2	Si	No	Si	Si	0.75
	40	23.3	2	68	66	50.5	29.5	17	21	19	10.5	F	1.7	47	1	3.3	Si	No	Si	Si	0.75
	41	23.3	3	66.5	56.5	50	26	15	17	17	9	F	1.7	52	1.3	NA	No	No	Si	Si	0.5
	42	23.3	4	64	54	49.5	22	14	14	15	9	F	1.4	61	1.1	NA	No	No	Si	No	0.25
	43	23.3	3	60	50	45	24.5	15.5	17	16	9	M	1.4	45	1.5	0.5	Si	No	Si	Si	0.75
	44	23.3	4	61	51.5	47	23.5	15.5	18	15.5	11	M	1.3	65	2.8	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	45	23.3	3	70	58	53	26.5	16	19	17	10.5	M	NA	60	2.3	NA	No	No	No	Si	0.25
	46	23.3	5	62	54	48.5	25	15	15	17	9	M	1.6	68	4.6	NA	No	No	Si	Si	0.5
47	23.3	4	64	54	47	26	15	16	17	9	M	1.6	55	1.1	NA	No	No	Si	No	0.25	
23/04/2021	48	23	3	66.5	54	49.5	23.5	16.5	19	17	8.5	F	1.9	67	1.8	3.7	No	No	Si	No	0.25
	49	23	4	63	52	47	26	16	19	16	8.5	F	1.6	49	0.5	6.8	Si	No	Si	Si	0.75
	50	23	4	65	55	49	24	15.5	18	17	8.8	M	1.7	37	1.4	5.6	Si	No	Si	Si	0.75
	51	23	5	66	54	49	23.5	16	18.5	18	9	M	NA	69	2.2	NA	Si	No	Si	Si	0.75
	52	23	4	66.5	58.5	50	24.5	17	19	19.5	10	M	2	54	2.3	9	Si	No	Si	Si	0.75
08/05/2021	53	23.5	3	74	53	48	26.5	17	20	18	9	F	2.6	NA	NA	NA	No	No	Si	No	0.25
	54	23.5	1	78	67	60	31	20	23	22	10	M	2.8	NA	NA	NA	Si	Si	Si	Si	1
	55	23.5	3	72.5	60.5	54	26	17	20.5	19.5	10	M	2.2	NA	NA	NA	No	No	Si	No	0.25
	56	23.5	4	63	50	46	21	22	16	14.5	8	M	1.2	NA	NA	NA	Si	No	Si	Si	0.75
10/05/2021	57	22.8	1	60	51	46	21	14	15.5	14	8	F	2.3	NA	NA	NA	No	No	Si	Si	0.5
	58	22.8	2	64	54	48.5	23	16	18	17	8.5	F	2	56	1.8	5.3	Si	No	No	No	0.25
	59	22.8	1	54	51	46	21	15	16	15	7.5	F	1.7	58	0.8	3.7	No	No	No	No	0
	60	22.8	2	63	53	48	27	17	19	17	8.5	M	1.8	53	2.8	6.7	No	No	Si	Si	0.5
	61	22.8	2	69	57	51	25	17	19	17.5	9	M	2.1	NA	NA	NA	No	No	No	No	0
	62	22.8	1	58	50	44	20	15	16	14	7.5	M	1.8	62		5.2	No	No	No	No	0
	63	22.8	2	64	53	47.5	21.5	16	18	15.5	9	M	1.5	52	1.4	5.4	No	No	Si	Si	0.5
	64	22.8	1	64	54.5	49	24.5	17	19	17.5	9	M	1.8	41	2	6.2	No	No	Si	Si	0.5
	65	22.8	3	67	55.5	50.5	26	18	14.5	17.5	9	M	1.9	41		5.6	No	No	Si	Si	0.5
	66	22.8	1	65.5	54	50	24	15.5	17	17	8.5	M	1.7	45	0.5	4.1	No	No	Si	No	0.25
12/05/2021	67	22	2	60	51	47	26	16	18	17	9	F	1.7	49	NA	6.3	Si	No	Si	No	0.5
	68	22	2	77.5	66	60	31	20	23	21.5	10	F	3	35	0.5	NA	Si	No	Si	No	0.5
	69	22	5	66	57	52	25	16.5	18.5	18	8.5	M	1.8	49	0.7	6.5	Si	No	Si	No	0.5
	70	22	2	64.5	55	50	26	17.5	20	18.5	9	M	1.8	83	0.5	5.5	No	No	Si	No	0.25
	71	22	3	68	58	52	24	16.5	19	16.5	8.5	M	1.4	55	0.4	NA	No	No	Si	No	0.25
	72	22	1	60	51	47	23	16	17	16.5	8	NA	1.5	61	0.4	5.5	Si	No	Si	No	0.5
14/06/2021	73	23.3	3	73	59	55	28	18	21	19.5	10	F	NA	60	0.4	7.2	No	No	Si	Si	0.5
	74	23.3	6	72	58.5	53	30	20	21	21.5	9	F	2.3	65	1.8	3.1	No	No	No	Si	0.25

	75	23.3	4	69	54	49	24	17	20	17	9	F	1.8	65	0.8	6.1	No	No	No	No	0
	76	23.3	3	64	55	50	25	16.5	18	17	9.5	M	1.6	63	0.9	3.4	No	No	No	Si	0.25
	77	23.3	6	68	55	50	24	16	17	17	8.5	M	1.8	40	1.3	6.6	No	No	Si	Si	0.5
	78	23.3	6	65	54	50	26	17	19	19	9	M	1.9	56	1	4.3	No	No	Si	Si	0.5
	79	23.3	5	67	55	50	25	16.5	18	17.5	9.5	M	1.9	60	0.8	5.5	Si	No	No	Si	0.5
	80	23.3	3	67.5	55	50	25	17	19	18.5	9	M	1.9	61	1.2	5.3	No	No	No	No	0
15/06/2021	81	24	4	66.5	54	45	25	16	18	17	8	F	NA	57	1.4	5.5	Si	No	Si	Si	0.75
	82	24	3	65	53	49	28	17	19.5	18	9	F	NA	46	1.1	10.7	Si	No	Si	Si	0.75
	83	24	3	75	55	49	26	16.5	18	17	8.5	M	NA	56	0.9	6.2	Si	No	Si	Si	0.75
	84	24	7	71	59	53	26	17.5	19	17.5	9	M	NA	49	0.7	6	Si	No	Si	Si	0.75
	85	24	4	70	59	54	26.5	17	18	18.5	9	M	NA	54	3.2	5.9	Si	No	Si	Si	0.75
27/06/2021	86	22.3	4	71	60	56	27	18	22	19.5	9.5	F	NA	56	1.1	7.2	No	No	Si	Si	0.5
	87	22.3	5	69.5	68.5	62.5	24.5	17	19	17.5	8.5	F	1.7	50	1.1	5.5	Si	No	Si	No	0.5
	88	22.3	5	60	49.5	44	21	14	16	15	7.5	F	1.3	38	1.1	7.3	No	No	No	No	0
	89	22.3	5	64	53.5	48	25.5	16.5	19.5	17	8	F	NA	41	0.8	7.1	Si	No	Si	Si	0.75
	90	22.3	5	63	53	48.5	25	16.5	19	17	8.5	F	NA	68	5.3	3.9	Si	No	No	Si	0.5
	91	22.3	4	69	57	51	23	16	17	16	9	M	NA	49	0.5	5.4	No	No	Si	Si	0.5
	92	22.3	3	66	55	49.5	22	15	16.5	15	8.5	M	1.5	39	0.4	7	Si	No	No	Si	0.5
	93	22.3	3	69	57	52	24	16	18	17.5	9	M	NA	47	0.6	4.9	No	No	No	Si	0.25
	94	22.3	6	72	60	55	26.5	18	21	19.5	9	M	2.2	62	2.1	8.4	Si	No	No	Si	0.5
	95	22.3	5	71.5	59.5	54.5	27.5	16.5	19	18	9	M	NA	61	0.8	6.9	No	No	No	Si	0.25

**ANEXO B: FOTOS TRABAJO DE CAMPO.**

**Foto 1:** Tiburón punta negra juvenil, *Carcharhinus limbatus*, listo para ser subido a bordo para posteriormente ser evaluado.





**Foto 2:** Toma de medidas corporales de tiburón punta negra juvenil, *Carcharhinus limbatus*, por Karen Ascencio.



**Foto 3:** Toma de medidas corporales: total length (TL), de tiburón punta negra juvenil, *Carcharhinus limbatus*, por Karen Ascencio.



**Foto 4:** Toma de muestras sanguíneas de tiburón punta negra juvenil, *Carcharhinus limbatus*, por Karen Ascencio.