



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

CARACTERIZACIÓN DE LOS EMBRIONES DE *Prionace glauca* (TIBURÓN AZUL) OBTENIDO DE LOS DESEMBARQUES DEL PUERTO PESQUERO SANTA ROSA, PROVINCIA SANTA ELENA - ECUADOR.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de

BIÓLOGA

AUTORA

ARMAS RICAURTE AMY JASMINNE

TUTORA

BLGA. CORNEJO RODRIGUEZ MARÍA HERMINIA, PhD.

LIBERTAD- ECUADOR

2023- 1

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN DE LOS EMBRIONES DE *Prionace glauca* (TIBURÓN AZUL) OBTENIDO DE LOS DESEMBARQUES DEL PUERTO PESQUERO SANTA ROSA, PROVINCIA SANTA ELENA - ECUADOR.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de

BIÓLOGA

AUTORA

ARMAS RICAURTE AMY JASMINNE

TUTORA

BLGA. CORNEJO RODRIGUEZ MARÍA HERMINIA, PhD.

LIBERTAD- ECUADOR

2023- 1

UPSE

DEDICATORIA

Querida Universidad Península de Santa Elena estoy agradecida por permitirme crecer y desarrollar el ámbito educativo con el fin de crear nuevos profesionales.

Mi dedicatoria es para cada docente de la carrera Biología aportando sus conocimiento y apoyo emocional. Hoy me siento afortunada de tenerlos parte de mi educación.

A mis padres, mi madre Irma Angélica Ricaurte Molina y mi padre Jorge Humberto Armas Puebla aportando con su tiempo, paciencia, amor y fe en cada paso que he dado en mi vida.

Mis hermanos por el apoyo incondicional George Michael Armas Ricaurte, Anne Marine Villagómez Fuentes, Julieta Pilar Armas Mejía y Jorge Dariel Armas Monje.

A la Bióloga María Herminia Cornejo Rodríguez por la guía y ayuda con la Universidad UPSE y la Bióloga Gabriela flores y el Biólogo Walter Tigrero por su aporte en conocimiento de Tiburones del Puerto Santa Rosa.

A los pescadores por facilitar las muestras del *Prionace glauca* y mi compañero Freddy Walther Ponce Saltos por ayudarme con las fotografías y monitoreo en el proceso de investigación.

ARMAS RICAURTE AMY JASMINNE

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis agradecimientos a los tribunales de graduación al Biólogo Richard Duque Marín, Ingeniero Jimmy Villón Moreno, Bióloga María Herminia Cornejo Rodríguez y al Abogado Luís Alberto Castro Martínez por aportar con nuevos líderes a nuestro país Ecuador.

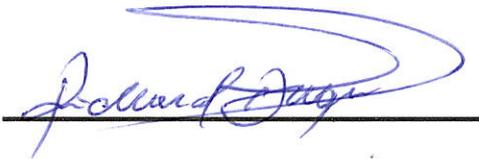
Agradecida con el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) aportando con información de parámetros oceanográfico a la investigación, permitiendo cumplir el respectivo análisis.

A la Bióloga Gabriela Flores por su paciencia al momento de realizar los análisis estadísticos, al Biólogo Walter Tigrero por el apoyo y la armonía que me permitió hacer mis análisis sin ningún tipo de inconvenientes en el Puerto Pesquero Santa Rosa.

A la hospitalidad que me brindó el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversión y Pesca (MPCEIP).

Estoy agradecida con los pescadores del Puerto Pesquero de Santa Rosa que me brindaron su ayuda idónea, gracias por tener fe en mí y brindarme su confianza.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marin, Mgt

**Decano
Facultad de Ciencias del Mar**



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc

**Director
Carrera de Biología**

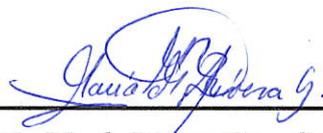


**Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D
Docente Tutor**



Firmado electrónicamente por:
**ISABEL JANETH
GALARZA TIPAN**

**Blga. Janeth Galarza Tipán, Ph.D
Docente de Área**



Ab. María Rivera González, Mgt

Secretario General

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por lo datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de Titulación. Me corresponden exclusivamente, y el Patrimonio Intelectual de la misma compartido con la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in blue ink that reads "Amy Armas". The signature is written in a cursive style and is positioned above a solid black horizontal line.

ARMAS RICAURTE AMY JASMINNE

CD: 2000100822

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 11 |
| 2. PROBLEMÁTICA | 13 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 14 |
| 4. OBJETIVOS | 15 |
| 4.1. OBJETIVO GENERAL | 15 |
| 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 5. HIPÓTESIS..... | 16 |
| 6. MARCO TEÓRICO..... | 17 |
| 6.1. Taxonomía de <i>Prionace glauca</i> | 17 |
| 6.2. Características del <i>Prionace glauca</i> | 18 |
| 6.3. Morfología del <i>Prionace glauca</i> | 19 |
| 6.3.1. Órganos reproductivos | 19 |
| 6.3.1.1. Macho | 19 |
| 6.3.1.2. Hembra..... | 20 |
| 6.3.2. Características en hembras grávidas | 20 |
| 6.3.3. Reproducción | 21 |
| 6.3.4. Estructura de la placenta | 22 |
| 6.3.5. Fases del embrión <i>P. glauca</i> | 22 |
| 6.3.6. Morfología embrionaria | 24 |
| 6.3.7. Zonas genitales de los embriones <i>Prionace glauca</i> | 24 |
| 6.3.8. Características de crías <i>Prionace glauca</i> | 24 |
| 6.4. Factores que afectan el desarrollo embrionario del <i>Prionace glauca</i> | 25 |
| 6.4.1. Pesca | 25 |
| 6.4.2. Estrés | 26 |
| 6.4.3. Cambio climático..... | 26 |
| 6.5. Alteración morfológica en embriones <i>Prionace glauca</i> | 27 |
| 6.6. Acidificación | 27 |
| 6.7. Consecuencia de alta temperatura oceánica | 28 |
| 7. MARCO LEGAL..... | 31 |
| 8. MARCO METODOLÓGICO | 38 |
| 8.1. ÁREA DE ESTUDIO..... | 38 |
| 8.2. DISEÑO DE ESTUDIO..... | 38 |
| 8.3. FASE DE CAMPO..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 8.3.1. Selección de los especímenes | 39 |
| 8.3.2. Talla de los especímenes | 39 |
| 8.3.3. Disección de la muestra | 39 |
| 8.3.4. Seguimiento de los embriones por mes..... | 40 |
| 8.3.5. Registro de embarcaciones destinadas a la pesca del <i>Prionace glauca</i> en el Puerto de Santa Rosa mes de mayo 2023 | 41 |
| 8.3.6. Registro de embarcaciones destinadas a la pesca del <i>Prionace glauca</i> en el Puerto de Santa Rosa mes de junio 2023..... | 42 |
| 8.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO..... | 43 |
| 8.4.1. Análisis del contenido embrionario | 43 |
| 8.4.2. Análisis de peso del hígado | 43 |
| 8.4.3. Identificación taxonómica del embrión <i>Prionace glauca</i> siendo alterado | 44 |
| 8.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LOS EMBRIONES <i>Prionace glauca</i> Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA..... | 44 |
| 8.5.1. Factor de Condición de Fultón..... | 44 |
| 8.5.2. Coeficiente de Correlación de Karl Pearson..... | 45 |
| 9. ANALISI DE INFORMACIÓN | 46 |
| 9.1. Relación entre longitud y el peso de embriones <i>Prionace glauca</i> | 46 |
| 10. RESULTADOS | 47 |
| 10.1 Registro de hembras grávidas desembarcadas en el Puerto de Santa Rosa 2023..... | 47 |
| 10.2. Correlación de Pearson con talla de hembras grávidas y con el número de embriones | 48 |
| 10.3. Análisis de tallas del embrión <i>P. glauca</i> | 48 |
| 10.4. Relación talla-peso | 49 |
| 10.5. Análisis del factor de condición (F) | 50 |
| 12. Ficha descriptiva de los embriones de <i>P. glauca</i> con presencia de anomalías biológica | 54 |
| 12.1 Ficha descriptiva | 55 |
| 13. DISCUSIÓN..... | 58 |
| 14. CONCLUSIÓN | 60 |
| 15. RECOMENDACIONES | 61 |
| 16. BIBLIOGRAFÍA | 62 |
| 17. ANEXOS | 66 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Prionace glauca</i> (Tiburón azul)..... | 17 |
| Figura 2. Imagen Satelital y Ubicación Geográfica del Puerto Pesquero Artesanal Santa Rosa..... | 38 |
| Figura 4. Identificación y extracción del Hígado del embrión <i>Prionace glauca</i> | 40 |
| Figura 5. Índice Hepatosomático | 43 |
| Figura 6. Factor de Condición Fultón | 44 |
| Figura 7. Factor de Condición Relativa..... | 44 |
| Figura 8. El Peso Esperado..... | 45 |
| Figura 9. Coeficiente de Correlación de Karl Pearson | 45 |
| Figura 10. Coeficiente Expresado | 45 |
| Figura 11. Coeficiente de Conrrelación de Pearson | 45 |
| Figura 11. Prueba de Hipótesis | 46 |
| Figura 12. Relación entre Longitud (L) y Peso (W) | 46 |
| Figura 13. Porción de sexo de los embriones <i>P. glauca</i> | 48 |
| Figura 14. Porción de sexo de los embriones <i>P. glauca</i> | 49 |
| Figura 15. Análisis de Talla | 49 |
| Figura 16. Relación en X Longitud Total (LT) y Y Peso Total (WT)..... | 50 |
| Figura 17. Relación en X Longitud Total (LT) y Y Peso del Hígado (WH)..... | 50 |
| Figura 18. Factor de condición (F) con a) sexos y b) meses..... | 51 |
| Figura 19. Factor de condición (F) modelo 5, SOI Índice de oscilación del sur, TSM Temperatura superficial del mar, IHP Índice hepatosomático..... | 53 |
| Figura 20. Morfología externa del embrión <i>P. glauca</i> | 55 |
| Figura 21. Morfología externa del embrión <i>P. glauca</i> | 56 |
| Figura 22. Morfología externa del embrión <i>P. glauca</i> | 57 |
| Figura 23. Puerto Pesquero de Santa Rosa | 69 |
| Figura 24. Análisis de tallas embrionarias en el laboratorio UPSE..... | 70 |
| Figura 25. Monitoreo del <i>Prionace glauca</i> (Tiburón azul) | 71 |
| Figura 26. Monitoreo en las hembras grávidas | 71 |
| Figura 27. Desembarque del Tiburón <i>P. glauca</i> | 72 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Talla de embriones y su fase de crecimiento | 23 |
| Tabla 2. Seguimiento de los embriones por mes..... | 40 |
| Tabla 3. Embarcaciones pesqueras del Puerto Pesquero Santa Rosa en mayo 2023..... | 41 |
| Tabla 4. Embarcaciones pesqueras del Puerto Pesquero Santa Rosa en junio 2023..... | 42 |
| Tabla 5. El Índice del rendimiento corporal de los embriones <i>P. glauca</i> | 43 |
| Tabla 6. Talla de hembras grávidas con el número de embriones..... | 47 |
| Tabla 7. Análisis de los modelos de condiciones de Fultón..... | 52 |
| Tabla 8. Embrión <i>P. glauca</i> | 55 |
| Tabla 9. Embrión <i>P. glauca</i> | 56 |
| Tabla 10. Embrión <i>P. glauca</i> | 57 |
| Tabla 11. Información de la muestra recolectadas en recipientes plásticos..... | 66 |
| Tabla 12. Hoja de registro de los datos obtenidos en la fase de campo | 66 |
| Tabla 13. Hoja de registro de los datos obtenidos en la fase de laboratorio | 67 |
| Tabla 14. Hoja de registro de embriones del campo | 67 |
| Tabla 15. Hoja de registro de embriones del laboratorio | 68 |
| Tabla 16. Hoja de registro del factor de condición..... | 68 |
| Tabla 17. Hoja de registro de residuo del embrión <i>P. glauca</i> | 69 |

ABREVIATURAS

CMCDP: Certificado de Monitoreo y Control de Desembarque de la Pesca.

INOCAR: Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

CO₂: Dióxido de Carbono.

cm: Centímetros.

L: Longitud.

LT: Longitud Total.

LF: Longitud Furcal.

LPC: Longitud Precaudal.

IDS: Longitud Inter Dorsal.

g: Gramo.

W: Peso.

W': Peso Esperado.

WT: Peso Total.

WE: Peso Total del Embrión.

WES: Peso Eviscerado.

WH: Peso Total del Hígado.

F: Fultón.

IRC: Índice de Rendimiento Corporal.

IHP: Índice Hepatosomático.

C-I: Peso mínimo del Hígado.

C-II: Peso medio del Hígado.

C-III: Peso máximo del Hígado.

FCF: Factor de Condición de Fultón.

K: Cálculo de Factor de condición.

Q: Cuartil.

T: Temperatura.

TSM: Temperatura superficial del mar.

SIO: Índice oscilación del sur (Niño).

ICPS: Índice de Correlación de Pearson.

GLOSARIO

Acidificación: Es el proceso en el cual un medio o una sustancia experimenta un incremento en su acidez, lo que implica una reducción en su nivel de pH.

Calentamiento oceánico: Se produce debido al incremento en la concentración de gases que resulta en el aumento de la temperatura del agua en los océanos y mares de todo el mundo.

Aguas tropicales: Son extensiones de agua situadas en las zonas tropicales del mundo, y se distinguen por mantener temperaturas cálidas de manera constante a lo largo de todo el año.

Vivíparidad placentaria: Es un proceso reproductivo en el cual los organismos dan a luz a crías vivas que se desarrollan dentro del útero materno y reciben nutrientes a través de la placenta.

Embrión: El embrión de un tiburón es la etapa inicial del desarrollo de un tiburón antes de su nacimiento.

Marca de cortejo: El tiburón azul *Prionace glauca*, puede presentar marcas o cicatrices en su cuerpo, especialmente alrededor de la cabeza y las aletas pectorales, como consecuencia de enfrentamientos con otros machos durante la competencia por una hembra.

Periodo de gestación: Es el lapso que transcurre desde la fertilización hasta el nacimiento o eclosión de un organismo en desarrollo, y su duración varía según la especie.

Bicefalia: Cuando un organismo presenta dos cabezas, siendo considerada una rareza biológica.

Susceptible: Es la capacidad que tienen para ser afectados o enfermar debido a ciertas enfermedades, condiciones o estímulos presentes en su entorno.

Desnutrición: Ocurre cuando no obtienen los nutrientes necesarios en su alimentación, lo que conduce a carencias nutricionales y un estado general de malnutrición.

Fisicoquímico del agua: Son sustancias presentes en el agua, determinan cómo se comporta el agua, cómo interactúa con otros elementos y organismos en el entorno acuático.

Parámetro biométrico: Es una medición numérica que se realiza para evaluar características biológicas o físicas de un organismo o de una parte específica de él.

Dinamismo pesquero: Implica la actividad y las modificaciones que se producen en la industria de la pesca.

CARACTERIZACIÓN DE LOS EMBRIONES DE *Prionace glauca* (TIBURÓN AZUL) OBTENIDO DE LOS DESEMBARQUES DEL PUERTO PESQUERO SANTA ROSA, PROVINCIA SANTA ELENA - ECUADOR.

Autora: Armas Ricaurte Amy Jasminne

Tutora: Cornejo Rodríguez María Herminia, PhD

RESUMEN

Los tiburones son fundamentales para mantener el equilibrio en el ecosistema marino, ya que actúan como depredadores de peces pelágicos pequeños. Sin embargo, el cambio climático ha provocado un aumento en la temperatura superficial del mar, alterando el pH del océano y volviendo a los corales marinos más vulnerables. Estos corales son esenciales para la supervivencia de la mega diversidad de peces, moluscos, crustáceos y otras especies, que constituyen la principal fuente de alimento del *Prionace glauca*, también conocido como tiburón azul. El estado de las hembras grávidas también se ha visto afectado por la disminución de nutrientes en el hígado, lo que puede afectar el crecimiento embrionario o incluso provocar anomalías morfológicas. En esta investigación, se analizaron las alteraciones en los embriones, considerando la temperatura superficial del océano en Ecuador como un factor limitante para su desarrollo. Se utilizó el factor de condición de Fultón para evaluar la salud de los embriones, y también se evaluó la reserva de energía del embrión mediante el uso de los índices de rendimiento corporal e índice Hepatosomático. Se llevaron a cabo muestreos en el Puerto Pesquero de Santa Rosa, donde se registraron un total de 173 embriones, con 97 hembras y 76 machos. De estos, se encontraron 3 embriones con anomalías biológicas que afectaron su peso y talla. A través de 5 modelos de estudio, se intentó comprender qué factores afectaron su crecimiento. El modelo 5, que consideró las condiciones de Fultón, el índice de oscilación del sur, la temperatura superficial del mar y el índice Hepatosomático, reveló un coeficiente de determinación del 27.27%. Se concluyó que el aumento de la temperatura oceánica está relacionado con una disminución en la reserva energética del hígado.

Palabras claves: Hembra grávida, embriones, temperatura oceánica, alteración, Santa Rosa, anomalía.

CHARACTERIZATION OF EMBRYOS OF *Prionace glauca* (BLUE SHARK)
OBTAINED FROM LANDINGS AT THE SANTA ROSA FISHING PORT, SANTA
ELENA PROVINCE - ECUADOR.

Author: Armas Ricaurte Amy Jasminne

Tutor: Cornejo Rodríguez María Herminia, PHD.

ABSTRACT

Sharks are critical to maintaining balance in the marine ecosystem, as they act as predators of small pelagic fish. However, climate change has led to an increase in sea surface temperature, altering the pH of the ocean and making marine corals more vulnerable. These corals are essential for the survival of the mega diversity of fish, mollusks, crustaceans and other species that are the main food source of the *Prionace glauca*, also known as the blue shark. The condition of gravid females has also been affected by the decrease of nutrients in the liver, which can affect embryonic growth or even cause morphological abnormalities. In this research, the alterations in embryos were analyzed, considering the ocean surface temperature in Ecuador as a limiting factor for their development. The Fulton condition factor was used to evaluate the health of the embryos, and the energy reserve of the embryo was also evaluated by using the body performance index and hepatosomatic index. Sampling was carried out at the Santa Rosa fishing port, where a total of 173 embryos were recorded, with 97 females and 76 males. Of these, 3 embryos were found with biological anomalies that affected their weight and length. Through 5 study models, an attempt was made to understand what factors affected their growth. Model 5, which considered Fulton conditions, southern oscillation index, sea surface temperature and hepatosomatic index, revealed a coefficient of determination of 27.27%. It was concluded that the increase in ocean temperature is related to a decrease in the energy reserve of the embryo liver, which limits its growth and development in the case of *Prionace glauca*.

Key words: Gravid female, embryos, ocean temperature, disturbance, Santa Rosa, anomaly.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la temperatura del océano a lo largo del tiempo es una consecuencia del calentamiento global, a causa de las acciones humanas, como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura intensiva, se han acumulado gases de efecto invernadero en la atmósfera. El calentamiento global provoca que el calor atrapado en la atmósfera se transfiera al océano, lo que resulta en el aumento de la temperatura del agua (Alisson, 2021). Los océanos actúan como un regulador térmico para el planeta, ya que absorben aproximadamente el 90% del calor adicional generado por el cambio climático. Los efectos del calentamiento del mar son diversos y tienen un impacto significativo en el medio ambiente y en la vida marina.

El tiburón azul, científicamente conocido como *Prionace glauca*, es una especie de gran tamaño que se encuentra en los océanos y se caracteriza por ser pelágico. Su distribución abarca aguas tropicales y templadas alrededor del mundo. En Ecuador, este tiburón es capturado de forma incidental durante diversas actividades pesqueras, como la pesca de enmalle, superficial y palangre (Dario, 2018). Su dieta se basa principalmente en peces pelágicos de menor tamaño, calamares y aves marinas.

El aumento de la temperatura oceánica puede tener un impacto significativo en los embriones de tiburón y en su desarrollo temprano. Los tiburones son animales ectotérmicos, lo que significa que no pueden regular su temperatura corporal internamente y depende del ambiente para mantener su temperatura. Esto los hace especialmente sensibles a los cambios en la temperatura del agua (Geographic, 2013). Según (Geographic, 2013) menciona que hay algunas formas en las que el aumento de la temperatura del océano puede afectar a los embriones de tiburón; desarrollo y supervivencia. La temperatura del agua influyó en el desarrollo embrionario de los tiburones. Un aumento de temperatura puede acelerar la tasa de desarrollo, lo que podría afectar el tiempo que necesitan los embriones para crecer y nacer. Además, las temperaturas más cálidas pueden aumentar la tasa de mortalidad de los embriones, ya que algunos podrían no tolerar temperaturas fuera de su rango óptimo. Posteriormente el calentamiento del océano puede alterar la productividad biológica en los ecosistemas marinos. Esto se debe a que las tasas de fotosíntesis y la disponibilidad de nutrientes pueden cambiar con el aumento de la temperatura. Estos cambios pueden afectar la

disponibilidad de alimentos para los tiburones y, por ende, influir en su reproducción y desarrollo, incluyendo la supervivencia de los embriones del tiburón azul (Efe, 2021).

El *P. glauca* presenta un crecimiento lento, con períodos de gestación prolongados y alcanza la madurez sexual en largos intervalos de tiempo, lo que ha llevado a que su estado de conservación sea considerado cercano a ser amenazado. Según los registros de monitoreo y control de desembarque de pesca (CMCDP), el *Prionace glauca* es uno de los tiburones más afectados por la sobreexplotación pesquera y experimenta altos índices de mortalidad (MPCEIP, 2019). Mosquera (2021), en su estudio sobre los efectos en la fisiología y el comportamiento de los tiburones, menciona que niveles de Ph y temperatura han variado a través del tiempo ha alterado el desarrollo embrionario, el crecimiento y la supervivencia de la especie, lo que ha provocado malformaciones morfológicas en el caso específico del *Prionace glauca*. En la zona del puerto de Santa Rosa se han observado diversos ejemplares en estado reproductivo durante l de octubre, y a finales de la estación húmeda, en diciembre. Se sabe que las hembras almacenan los embriones en su útero, donde reciben nutrientes y oxígeno a través del cordón uterino (cada hembra puede llevar más de 50 crías en su interior); sin embargo, diferentes factores como la sobreexplotación, los cambios de temperatura y la contaminación han afectado el ciclo de gestación de esta especie (MPCEIP, 2019) Además, a nivel mundial, se ha presenta una alta incidencia de anomalías en embriones, incluyendo malformaciones morfológicas y la presencia de bicefalia, según el estudio de (Johnston, 2016). Considerando lo expuesto previamente, el objetivo de este estudio es examinar los impactos de la temperatura oceánica en el desarrollo embrionario de las hembras capturadas en los desembarques del puerto Santa Rosa.

2. PROBLEMÁTICA

En la actualidad, no se ha establecido un período de veda para esta especie, lo que significa que los pescadores dependen principalmente de la captura directa de esta población. En el puerto de Santa Rosa, que es uno de los puertos de pesca más importantes en Santa Elena, no se escapa de la captura incidental, aunque los datos sobre esta situación no se publiquen debido a varios factores de naturaleza social.

Se ha observado un aumento significativo en las anomalías y malformaciones de esta especie, siendo la bicefalia la más comúnmente registrada tanto en el Pacífico como en algunas áreas de Europa. Sin embargo, las causas de esta anomalía aún no se comprenden completamente. Se cree que los cambios ambientales y la contaminación de los mares con sustancias químicas y físicas podrían estar relacionados. Para obtener datos confiables, se ha intensificado la investigación sobre la pesca incidental de tiburones, así como el estudio de las anomalías morfológicas en los embriones y su relación con factores ambientales, como el aumento de la temperatura de los océanos.

En los últimos años se ha observado un aumento gradual en la temperatura ambiental, ya sea debido a causas antropogénicas o naturales, con un incremento aproximado de 1°C en comparación con los datos registrados en el siglo anterior. Aunque este aumento pueda parecer insignificante, tiene implicaciones significativas para las especies marinas, especialmente para el tiburón azul, especie altamente sensible a los cambios en su entorno. Según Ferreira (2020), las crías de esta especie pueden experimentar dificultades para alcanzar tallas normales bajo ciertas circunstancias, lo que resulta en un menor tamaño corporal y problemas de desnutrición. Estos factores impactan negativamente en su supervivencia y en el desarrollo embrionario.

3. JUSTIFICACIÓN

El *Prionace glauca* son sensibles a los cambios ambientales al igual que otras especies marinas. En respuesta a la preocupación por la disminución de las poblaciones de tiburones azules debido a la pesca y la contaminación de los océanos, varios países han adoptado regulaciones para mitigar este impacto, se han implementado normativas que restringen la pesca de esta especie con el objetivo de proteger y conservar así, sus poblaciones.

Se presume que las modificaciones en las condiciones ambientales han resultado en anomalías genéticas en el tiburón azul, siendo la bicefalia la más frecuente. Esto ha llevado a una mayor atención y estudio de estas alteraciones en las costas del Pacífico y en Europa. Aunque todavía se desconoce la causa exacta de estas anomalías, muchos investigadores sugieren que los cambios ambientales ocasionados por actividades humanas pueden alterar la composición fisicoquímica del agua, lo que a su vez puede causar daños genéticos y alteraciones metabólicas no solo en los tiburones, sino también en otras especies marinas.

Por otro lado, se destaca como una explicación plausible a las alteraciones embrionarias en peces como el tiburón azul al agotamiento de los recursos genéticos debido a la sobrepesca; dentro de este mismo contexto se sostiene que la reducción de la población conduce a la endogamia, lo que a su vez favorece el desarrollo de anomalías genéticas. Otros investigadores también sugieren que el aumento de la temperatura puede desempeñar un papel determinante en los procesos genéticos mencionados anteriormente.

Se plantea realizar un estudio que analice las variaciones en los niveles de temperatura océano durante la recolección de embriones y la presencia de anomalías genéticas en el *P. glauca*. Mediante autopsias, se busca establecer una conexión entre estos parámetros ambientales, peso del hígado y las anomalías genéticas observadas en los embriones. De esta manera, se busca proporcionar evidencia científica sobre el impacto negativo de las altas temperaturas en el desarrollo embrionario de los tiburones azules, a través de la observación y conteo biométrico de embriones.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar cómo el incremento de temperatura está afectando la característica embrionaria del tiburón *Prionace glauca* mediante evaluación de parámetros biométricos determinando el estado de crecimiento de los embriones desembarcados en el Puerto Santa Rosa.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las medidas biométricas de longitud y peso utilizando el índice de rendimiento corporal para los embriones del tiburón *Prionace glauca* recolectados en el Puerto de Santa Rosa.
- Relacionar los registros de temperatura superficial del mar del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) con los datos biométricos de los embriones de *Prionace glauca* utilizando el factor de condición Fultón.
- Determinar si las tallas de las hembras grávidas con el número de embriones por camadas tienen relación a través de un análisis de coeficiente de correlación Karl Pearson.

5. HIPÓTESIS

H₀: Existe una correlación entre la temperatura oceánica con los datos biométricos de los embriones de *Prionace glauca* desembarcado del Puerto Santa Rosa.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Taxonomía de *Prionace glauca*



Figura 1. *Prionace glauca* (Tiburón azul)

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Chondrichthyes

Orden: Carcharhiniformes

Familia: Carcharhinidae

Género: *Prionace*

Especie: *glauca*

Nombre científico: *Prionace glauca*

Nombre común: Tiburón azul

6.2. Características del *Prionace glauca*

El *Prionace glauca* también conocido como tiburón azul o tiburón aguado debido a su aspecto corpulento, presenta un distintivo patrón de color. Su parte dorsal exhibe tonalidades azul marino o grisáceo, mientras que la parte ventral es blanca. Esta coloración característica le brinda una ventaja en términos de camuflaje mientras nada en el océano. Tiene un cuerpo alargado, posee un hocico puntiagudo y una boca grande con múltiples filas de dientes afilados, lo que le permite alimentarse de peces y calamares sin representar una amenaza significativa (Linné, 2014).

Esta especie tiene un comportamiento migratorio y se distribuye en aguas oceánicas alrededor del mundo, mostrando una preferencia por aguas subtropicales y templadas. Por esta razón, es frecuentemente avistada en las costas de Ecuador. Es importante destacar que el tiburón azul se encuentra clasificado como casi amenazado según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Esto subraya la necesidad de aplicar medidas de conservación apropiadas (Linné, 2014).

Este organismo realiza desplazamientos relacionados con la reproducción y la búsqueda de presas. Se le ha observado en aguas superficiales de hasta 1000 metros de profundidad y puede migrar hacia latitudes más cálidas en busca de alimento y condiciones adecuadas (Linné, 2014). Las actividades humanas están teniendo un impacto en sus hábitats, y estos efectos pueden tener consecuencias negativas tanto para el ecosistema marino en general como para la salud de los tiburones y otras especies marinas. Especialmente preocupantes son los desechos generados por actividades antropogénicas, ya que pueden tener impactos negativos en el medio marino.

En el área del Puerto de Santa Rosa, es común encontrar ejemplares de tiburón azul que han sido capturados utilizando técnicas de pesca como el enmalle o el trasmallo (Campana, 2010). Estas prácticas pesqueras pueden representar una amenaza para la población de tiburones azules si no se gestionan de forma adecuada. Por lo tanto, es esencial promover prácticas pesqueras sostenibles y establecer regulaciones adecuadas para proteger a esta especie (Linné, 2014).

6.3. Morfología del *Prionace glauca*

El *Prionace glauca* (tiburón azul), posee dos aletas dorsales, siendo la primera más grande que la segunda. Sus aletas pectorales son largas, estrechas y ligeramente curvadas, además, cuenta con una aleta anal; estaca el lóbulo superior de su aleta caudal, el cual es bien desarrollado y puntiagudo. En cuanto a su coloración, exhibe un brillante tono azul oscuro en el dorso, que se va aclarando hacia los lados, mientras que su vientre es de color blanco (Flores & Tigrero, 2021).

En relación a la reproducción, el *Prionace glauca* presenta sus órganos genitales en la zona ventral del cuerpo, cerca de las aletas pectorales. Es común observar que, en varias especies de tiburones, incluido el tiburón azul, las hembras son generalmente más grandes que los machos. Esta diferencia en el tamaño corporal y la madurez sexual entre los sexos es una característica común en muchos tipos de tiburones. Las hembras adultas pueden alcanzar una longitud total (LT) de aproximadamente 173 cm, mientras que los machos tienen un rango de longitud total que va desde los 142 hasta los 170 cm (Alisson, 2021).

6.3.1. Órganos reproductivos

6.3.1.1. Macho

Los machos tienen órganos reproductivos externos llamados Claspers, los cuales forman parte del sistema reproductivo. Estos órganos desempeñan un papel fundamental en la producción y transferencia de los gametos masculinos durante el proceso de reproducción. Los claspers se caracterizan por su rotación, vascularización, calcificación y expansión del rhipidión, una estructura especializada en la transferencia del esperma. Dentro del sistema reproductor interno de los machos, se encuentran los fluidos seminales del epidídimo, encargados del transporte y almacenamiento de los espermatozoides. Asimismo, se destaca la presencia de los testículos, órganos encargados de la producción de los espermatozoides (José, 2014).

Investigaciones han demostrado que existe una correlación positiva entre la longitud total (LT) de los machos de tiburón azul y la longitud de los claspers (LC), esto implica que a medida que los machos de tiburón azul crecen en longitud total, también se observa un aumento en el tamaño de los claspers. Sin embargo, se ha encontrado que el crecimiento

de los claspers se detiene una vez que el tiburón alcanza la madurez sexual (Ramírez, 2012).

6.3.1.2. Hembra

En las hembras tiene órganos reproductivos externo llamado Cloaca o Himen. Este es un orificio ubicado en la parte ventral del tiburón que actúa como punto de unión de los sistemas digestivo, urinario y reproductor. A través de la cloaca, se lleva a cabo la expulsión de los productos de desecho, así como el proceso de parto en el caso de las hembras vivíparas. En relación a las características internas del aparato reproductor de las hembras, se pueden identificar diferentes componentes. Entre ellos se encuentran los ovocitos, que son los óvulos inmaduros, y el ovario, el cual se encarga de la producción de los ovocitos. Asimismo, se encuentra la glándula oviducal, responsable de secretar sustancias que protegen y nutren a los embriones (Ramírez, 2012).

6.3.2. Características en hembras grávidas

Se ha observado que la piel de las hembras grávidas es aproximadamente tres veces más gruesa que la de los machos. Esta disparidad en el grosor de la piel podría ser un mecanismo adaptativo de protección para resistir las mordeduras durante el cortejo por parte de los machos. Estos descubrimientos aportan información valiosa sobre el ciclo reproductivo de los *P. glauca* y podrían tener implicaciones significativas para la conservación y el manejo de esta especie. Como señas del apareamiento con el macho, las hembras presentan marcas de mordeduras en el dorso y las aletas pélvicas de las hembras, resultado de la actividad agresiva durante el proceso de apareamiento, ya que los machos suelen sujetar a las hembras durante la cópula.

En referencia a los periodos de reproducción, se ha observado hembras grávidas con embriones en su placenta entre los meses de junio y julio, lo que indica la fertilización y el desarrollo temprano de los embriones. Se sugiere que la reproducción de los tiburones azules puede estar sincronizada con las condiciones ambientales favorables, como corrientes cálidas, con el fin de maximizar las posibilidades de supervivencia de las crías (Guerrero, 2005).

6.3.3. Reproducción

P. glauca se reproduce mediante vivíparidad placentaria. Durante el proceso de reproducción, los machos suelen perseguir a las hembras y morderlas como parte del cortejo. Los machos utilizan sus órganos reproductores llamados claspers para fertilizar los espermias dentro de las hembras.

Las hembras pueden no estar completamente desarrolladas para almacenar esperma en su glándula nidamental y, por lo tanto, pueden tener limitaciones en su capacidad para hacerlo. A medida que las hembras alcanzan los 5 años de edad, su glándula nidamental se desarrolla lo suficiente como para permitir el almacenamiento de esperma, lo que les permite quedar grávidas y reproducirse (Flores, 2021). Durante este período de desarrollo, las hembras pueden ser cortejadas por los machos, pero su capacidad para almacenar esperma puede ser limitada hasta que alcancen la madurez sexual.

La gestación de las hembras dura entre nueve meses y un año, dependiendo de las condiciones ambientales y de disponibilidad de alimentos. Durante este período, las hembras desarrollan y alimentan a los embriones en su interior a través de una placenta, que les permite recibir nutrientes y oxígeno de la madre a través de la circulación sanguínea (Pérez, 2017). Al llegar el momento del parto, las hembras dan a luz a una gran cantidad de crías, que generalmente se estima en alrededor de 30 por camada. Estas crías son capaces de nadar y sobrevivir de forma autónoma desde el momento de su nacimiento (Pixabay, 2022).

Es relevante mencionar que tanto el *Carcharhinus leucas* (tiburón toro) como el *Sphyrnidae* sp. (tiburón martillo), también presentan reproducción vivípara placentaria, al igual que el *Prionace glauca* (Tiburón azul) (Ramírez, 2012). Estas especies han sido observadas como vivíparas en las costas ecuatorianas. Esto resalta la diversidad de estrategias reproductivas que se encuentran en el reino animal y cómo cada especie ha desarrollado adaptaciones específicas para garantizar la supervivencia de sus crías (Geographic, 2013).

6.3.4. Estructura de la placenta

Cada embrión de tiburón tiene una vía que conecta con el saco vitelino, la cual se encuentra en la zona abdominal entre las aletas pectorales. Esta vía actúa como un cordón uterino y permite la transferencia directa de nutrientes desde la madre hasta las crías en desarrollo, teniendo el líquido amniótico que rodea y protege al embrión una coloración clara o amarillenta, el cual además de proteger al embrión, contiene numerosas hormonas que ayudan a mantener una temperatura adecuada en el útero y benefician el desarrollo de los pulmones, el sistema digestivo y los huesos del embrión (Vélez & Carrera, 2014). A través de este líquido amniótico puede proporcionar información valiosa sobre la salud y los cambios genéticos del embrión, dado que contiene células del embrión, así como sustancias y hormonas que pueden ser analizadas para obtener información sobre el estado de desarrollo y posibles problemas de salud. El estudio del líquido amniótico en los tiburones puede brindar conocimientos importantes sobre su reproducción y su desarrollo biológico (Vélez & Carrera, 2014).

6.3.5. Fases del embrión *P. glauca*

Se han establecido cuatro fases distintas para describir el desarrollo embrionario, basadas en las características particulares identificadas en las investigaciones de Cabrera (2016) y Silva (2012):

- Fase 0: Durante este estadio, se observa que el embrión tiene una longitud total de 0 a 3cm, se caracteriza por contener una cantidad significativa de vitelo. Este vitelo es un líquido transparente de consistencia gelatinosa que protege y contribuye al desarrollo del embrión (Cabrera, 2016).
- Fase 1: Durante el primer estadio, se analizaron embriones con longitudes totales que variaban entre 3 y 9 cm. En esta etapa, se observa que el cordón umbilical está en sus inicios y es de longitud reducida y delgada. El embrión muestra una forma semitubular y tiene un color blanco, con tres protuberancias en su cabeza. Además, en una vista lateral, se pueden identificar cuatro orificios que corresponden a las hendiduras branquiales. Aunque estas hendiduras aún no están completamente cubiertas, ya están fusionadas en este punto del desarrollo (Silva, 2012).

- Fase 2: Durante esta etapa, se observaron embriones con tallas que oscilan entre 9 y 20 cm. Aunque el cordón umbilical todavía es corto, ahora es más robusto. El color corporal presencia de blanco en la zona ventral y azul en la zona dorsal, la cabeza con el cráneo abultado está más definida, permitiendo apreciar los orificios nasales. Además, se han producido cambios significativos en el embrión, como la aparición de filamentos branquiales externos, la formación del espiráculo y el desarrollo de las aletas pectorales, pélvicas y la aleta caudal heterocerca, característica de los condrictios (Silva, 2012).
- Fase 3: Durante esta etapa, que abarca desde los 20 hasta los 35 cm de longitud total, se pudo observar un cambio en la coloración corporal, con tonos más oscuros en la parte dorsal y tonos más claros en la parte ventral. Se hace evidente una línea oscura y conspicua en la aleta dorsal y la caudal. En cuanto a la coloración del ojo, el halo negro que rodea al círculo blanco central es más grande. El rostrum está completamente formado y se pueden notar los pliegues nasales en esta fase del desarrollo (Cabrera, 2016).
- Fase 4: Durante esta etapa, que abarca desde los 8.6 hasta los 26.5 cm de longitud total, se puede observar el desarrollo de dientes y la perfecta definición de todas las aletas, que incluyen los dos pectorales, las pélvicas, las dorsales y la anal. En este punto, el vitelo se ha agotado, lo que resulta en la adherencia de la membrana uterina a la pared del útero.

La morfología de los embriones en esta fase se asemeja a miniaturas de los adultos; a medida que crecen, adquieren la misma coloración característica de los adultos, presentando un dorso azul marino y un abdomen blanco. Además, se hacen visibles las escamas placoideas características de los elasmobranquios (Cabrera, 2016).

Tabla 1. Talla de embriones y su fase de crecimiento

| FASES DEL EMBRIÓN <i>P. GLAUCA</i> | | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| TALLA DEL EMBRIÓN | 0-3 cm (LT) | 3-9 cm (LT) | 9-20 cm (TL) | 20-35 cm (LT) | 35-50 cm (LT) |
| FASE | FASE 0 | FASE I | FASE II | FASE III | FASE IV |

6.3.6. Morfología embrionaria

Los embriones del *P. glauca* presentan un cuerpo flexible que contiene líquido amniótico, lo cual les otorga un aspecto brillante. La zona genital se encuentra ubicada en las aletas pélvicas, contiene dimensiones reducidas debido al espacio ocupado por la placenta. Los embriones poseen dos aletas pectorales alargadas, dos aletas anales, una aleta caudal larga y dos aletas dorsales (Carrera, 2004). Estos experimentan cambios notables durante su período de gestación. Inicialmente, son inmaduros y presentan un color blanco. A medida que se desarrollan, adquieren una tonalidad azul en la parte superior de su cuerpo, lo cual es una característica distintiva de esta especie su coloración de las aletas puede variar según su tamaño. Además, su cabeza adopta una forma de diamante, posiblemente como una adaptación para su futura vida en el océano. Estos cambios en la apariencia y desarrollo de los embriones reflejan su crecimiento y preparación para la vida fuera de la placenta (Higuero, 2022). Estos experimentan cambios notables durante su período de gestación.

6.3.7. Zonas genitales de los embriones *Prionace glauca*

Los machos del tiburón azul tienen su zona genital en las aletas pectorales, donde se encuentran los claspers que tienen una longitud aproximada de 4-5 cm. En las hembras tienen su zona genital en las aletas pectorales con abertura llamada cloaca que mide alrededor de 4.5-5.5 cm. Las dimensiones son indicativas del tamaño de estas estructuras y pueden usarse como rasgos distintivos para diferenciar entre los sexos de esta especie. Es relevante tener en cuenta que estas dimensiones pueden variar según la edad y el tamaño de cada individuo.

6.3.8. Características de crías *Prionace glauca*

Luego de un período de gestación de alrededor de un año, las hembras grávidas se alejan de las áreas de desove y posteriormente regresan con crías que han alcanzado una longitud total de más de 45 cm. Aunque estas crías están más avanzadas en su desarrollo en comparación con etapas anteriores, todavía conservan la distintiva forma de diamante en la cabeza que caracteriza a los tiburones *Prionace glauca* (Higuero, 2022).

Al nacer, las crías machos pueden medir hasta 60 cm (LT), mientras que las hembras pueden llegar a los 65 cm (LT). Una vez liberadas, rompen el cordón falso que las une a la placenta, quedando expuestas al océano y comenzando su vida independiente. Los juveniles tienden a permanecer en áreas de crianza con corrientes cálidas, lo que les proporciona condiciones favorables para su crecimiento. En aproximadamente dos o tres años, pueden alcanzar una longitud total de alrededor de 130 cm (LT) (Ramírez, 2012).

Se han registrado casos de hembras grávidas que dan a luz crías con una longitud total de más de 50 cm. En esta etapa, las crías están completamente desarrolladas y se observa una disminución en la intensidad del color azul marino en su cuerpo. Además, la forma de la cabeza cambia y adquiere una forma cónica en los individuos que están en natación libre, lo cual sugiere que estas hembras rezagadas fueron capturadas en otras áreas de alumbramiento y tuvieron crías en la etapa final del ciclo reproductivo anterior (Higuero, 2022).

Estos descubrimientos revelan la complejidad del proceso reproductivo de los tiburones *Prionace glauca* y cómo las crías experimentan transformaciones importantes durante su desarrollo en la placenta. Es crucial proteger tanto a las hembras grávidas como a las áreas de alumbramiento para garantizar la supervivencia de esta especie en situación de vulnerabilidad (Higuero, 2022).

6.4. Factores que afectan el desarrollo embrionario del *Prionace glauca*

6.4.1. Pesca

Una gran cantidad de tiburones son capturados intencionalmente, ya sea para su comercio legal en cuanto a su carne y aletas, o para el tráfico de partes de su cuerpo. También pueden ser atrapados de forma accidental en redes o anzuelos diseñados para otras especies. Estos tiburones tienen una vida larga, pero crecen lentamente y alcanzan la madurez sexual tardíamente en comparación con otros peces. Además, tienen períodos de gestación prolongados y bajas tasas de reproducción (Boggs & Bigelow, 2015). Como resultado, cuando las poblaciones de tiburones son sobreexplotadas, puede llevar varias décadas para que se recuperen.

La mayoría de los individuos capturados eran hembras y machos que aún no habían alcanzado la madurez sexual, lo que significa que no pudieron contribuir a la recuperación de sus poblaciones. Durante el proceso, se encontraron embriones no nacidos de cinco especies de tiburones, así como crías recién nacidas (Gonzabay, 2021).

6.4.2. Estrés

Las hembras grávidas de tiburón azul pueden abortar debido al estrés durante el momento de captura, lo que resulta en la expulsión de las crías en el momento del desembarque. Debido a esto, el número de crías contabilizadas puede ser inferior al número real, por lo que es importante tener en cuenta este factor al determinar la fecundidad.

Además, es cierto que no existe una relación directa entre la longitud total de la madre y el número de crías. El tamaño de la camada de tiburón azul puede variar ampliamente y no está determinado por el tamaño de la madre. Otros factores, como la edad, la salud y las condiciones ambientales, también pueden influir en el número de crías que una hembra de tiburón azul puede llevar (Bailón, 2023).

6.4.3. Cambio climático

El cambio climático tiene efectos significativos en la fisiología de los animales marinos, incluidos los tiburones. Los cambios en las condiciones ambientales, como el aumento de la temperatura y la acidificación del agua, pueden tener impactos en el desarrollo embrionario, el crecimiento y la supervivencia de los tiburones.

También puede afectar la tasa metabólica y la capacidad de los tiburones para captar oxígeno. Es importante tener en cuenta que los tiburones cuentan con mecanismos fisiológicos para resistir y adaptarse a los cambios en su entorno (Ecuador, 2023). Sin embargo, los efectos del cambio climático pueden ser desafiantes y afectar negativamente a las poblaciones de tiburones en general. Por lo tanto, es fundamental tomar medidas para abordar el cambio climático y proteger los ecosistemas marinos en los que los tiburones desempeñan un papel crucial (S.N, 2018).

6.5. Alteración morfológica en embriones *Prionace glauca*

El estudio mencionado del Instituto Politécnico Nacional de México menciona que las mutaciones genéticas, incluidas las bicéfalos, son eventos raros y no se limitan a una especie en particular. Ocurren de forma natural debido a cambios aleatorios en el material genético durante el desarrollo embrionario. La incidencia de alteraciones puede variar entre las especies y no necesariamente está relacionada con el número de crías que una hembra puede producir.

En cuanto al tiburón azul, es cierto que las hembras de esta especie pueden tener camadas numerosas. Según la información disponible, el tiburón azul puede tener hasta 50 crías por camada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el número exacto de crías puede variar según la ubicación geográfica y las condiciones individuales de cada hembra (Higuero, 2022).

6.6. Acidificación

Los organismos calcificadores son especialmente sensibles a la acidificación del océano. La acidificación del océano se produce debido a la absorción de dióxido de carbono (CO₂) por parte de los océanos, lo que lleva a una disminución en el pH del agua. Cuando el pH del agua disminuye, también lo hace la concentración de iones carbonato, que son esenciales para la formación de carbonato de calcio (Elejero, 2022). Muchos organismos marinos, como corales, moluscos, crustáceos y ciertos tipos de plancton, utilizan el carbonato de calcio para construir sus estructuras esqueléticas o conchas. Con la disminución de los iones carbonato, estos organismos calcificadores enfrentan dificultades para formar y mantener sus estructuras. Pueden experimentar una disminución en el crecimiento y desarrollo de sus esqueletos, así como un debilitamiento de las conchas o estructuras protectoras.

Además, la acidificación del océano también puede afectar otros procesos biológicos. Esto puede tener impactos significativos en los ecosistemas marinos, alterando las interacciones tróficas y la biodiversidad en general. Diferentes especies tienen diferentes niveles de tolerancia a la acidificación del océano, y algunos organismos pueden tener mecanismos de adaptación o estrategias de compensación.

Los organismos pueden influir en su susceptibilidad a la disolución debido a la acidificación del océano. La calcita alta en magnesio (Mg) puede ser más soluble que la aragonita, otra forma de carbonato de calcio. Además, se ha observado que el contenido de magnesio en los esqueletos calcáreos tiende a aumentar con la temperatura del agua. Al aumentar la temperatura y la acidificación, la combinación de ambos factores podría incrementar la vulnerabilidad de estos esqueletos a la disolución.

Afectando a la cadena alimentaria al ser consumidos por organismos de niveles tróficos superiores. Además, proporcionan hábitats esenciales para muchas especies. Los esqueletos calcáreos de estos organismos actúan como reservorios de carbono, ya que almacenan carbono orgánico en sus estructuras. Este carbono puede permanecer en el ecosistema marino durante largos períodos de tiempo. Sin embargo, la disolución de estos esqueletos debido a la acidificación del océano podría liberar este carbono almacenado, lo que podría tener consecuencias en el ciclo global del carbono y en el equilibrio del clima.

La vulnerabilidad de los organismos calcificadores a la acidificación del océano y al calentamiento global puede tener efectos significativos en los ecosistemas marinos, desde cambios en la cadena alimentaria hasta la liberación de carbono almacenado (Elejero, 2022).

6.7. Consecuencia de alta temperatura oceánica

Los océanos han absorbido una gran cantidad de calor proveniente de la atmósfera como resultado del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂). Según estudios científicos, se estima que los océanos han absorbido aproximadamente el 93% del exceso de calor generado por el calentamiento global (Elejero, 2022).

Esta absorción de calor ha tenido un impacto significativo en la temperatura del agua de los océanos, aunque pueda parecer una pequeña cifra, este incremento tiene consecuencias importantes para los ecosistemas marinos y la vida marina en general.

El aumento de la temperatura del agua puede provocar cambios en los patrones de circulación oceánica, alterar los hábitats marinos, afectar la distribución de las especies y

tener impactos negativos en la salud de los organismos marinos. Además, el calentamiento de los océanos también puede influir en eventos climáticos extremos como huracanes y tormentas, intensificándolos y haciéndolos más destructivos.

Es importante destacar que el calentamiento de los océanos no solo tiene consecuencias a nivel local, sino que también afecta al clima global. Los océanos desempeñan un papel crucial en la regulación del clima al actuar como sumideros de calor y carbono, y cualquier alteración en su temperatura puede tener efectos en cascada en el clima terrestre.

La acidificación oceánica y el calentamiento del agua tienen importantes implicaciones para los ecosistemas marinos y la vida marina en general. La acidificación afecta la disponibilidad de carbonato de calcio, un componente clave para la formación de conchas y esqueletos de organismos marinos como corales, moluscos y algunos pláctones. Esto puede tener consecuencias negativas para la supervivencia y el crecimiento de estas especies (Elejero, 2022).

El aumento de la temperatura del agua también puede tener impactos significativos en los ecosistemas marinos. Puede causar cambios en los patrones de migración y distribución de especies, afectar la reproducción y el crecimiento, y alterar los ciclos biológicos y las interacciones entre diferentes organismos.

En síntesis, las acciones humanas han incrementado los niveles de CO₂ en la atmósfera, y una proporción considerable ha sido absorbida por los océanos, dando lugar a la acidificación y al calentamiento del agua. Estas transformaciones tienen repercusiones significativas en los ecosistemas marinos y la biodiversidad acuática en su conjunto, por lo que resulta crucial implementar medidas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Ha provocado el desplazamiento de especies a latitudes más altas en busca de aguas frías que se ajusten a sus requerimientos de temperatura. Este fenómeno se debe al hecho de que los peces buscan mantenerse dentro de su rango de temperatura óptima para su supervivencia y reproducción. Algunas especies pueden verse favorecidas por el calentamiento y expandir su distribución, mientras que otras especies pueden experimentar dificultades para adaptarse y pueden enfrentar desafíos en términos de disponibilidad de alimento, cambios en los patrones de reproducción y competencia con especies invasoras.

Es importante destacar que estos cambios en la distribución de especies pueden tener consecuencias para la pesca y las economías costeras que dependen de ella. La migración de especies hacia el norte puede afectar las actividades pesqueras tradicionales y requerir adaptaciones por parte de las comunidades pesqueras y los administradores de recursos (S.N, 2018).

7. MARCO LEGAL

Los Decretos y Acuerdos relacionados con el manejo de los tiburones en Ecuador son: El Decreto N° 486 de expedir las normas para la regulación de la pesca incidental del recurso tiburón, menciona lo siguiente:

“**Art. 1.-** Para lo fines pertinentes, se define como pesca incidental a la captura involuntaria de especies bioacuáticas con artes o sistemas de pesca dirigidos a la captura voluntaria y planificada de otras especies bioacuáticas” (Ecuador, 2023)

“**Art. 2.-** Prohíbese en todo el territorio nacional la pesca cuyo objetivo específico sea el tiburón. Consecuentemente queda prohibido el uso de artes y sistemas de pesca que empleen específicamente para capturar tiburones” (Ecuador, 2023)

“**Art. 3.-** Prohíbese en todo el territorio nacional el uso del arte de pesca denominado “palangre tiburonero” en el que se utilizan anzuelos n°1/0 y/o 3/0 torcido de ojal normal y reinal de acero maleable, alambre o cadena” (Ecuador, 2023)

“**Art. 4.-** Prohíbese en todo el territorio nacional el uso de cable metálico o acerado – denominado comúnmente “huaya” – en la parte terminal de los reinales o líneas secundarias antes de la unión con el anzuelo, tanto en el palangre, espinel y/o longline que sirve para la captura de dorado (*Coryphaena hippurus*), del atún rojo (*Thunnus obesus*), del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), de los picudos de la familia Istiophoridae, del pez espada (*Xiphias gladius*) y especies afines. Dicho cable o alambre metálico deberá ser reemplazado por material de poliamida monofilamento” (Correa, 2017) Las artes de pesca o los componentes a los que se refieren los artículos 3 y 4 que se encontraren a bordo de embarcaciones pesqueras, así como los tiburones que se encontraren a bordo de dichas

embarcaciones, serán decomisados y se iniciarán las acciones legales pertinentes en contra del 11 capitán y armador de la embarcación para que se establezcan las sanciones de rigor”

“**Art. 5.-** Prohíbese la práctica del “aleteo”, definida como la captura del tiburón para la extracción exclusiva de sus aletas y el descarte del cuerpo al mar. Los cuerpos de los tiburones deberán ser utilizados íntegramente, para lo cual deberán contar con los respectivos permisos de comercialización emitidos por la autoridad competente”

“**Art. 6.-** Quienes, durante el ejercicio de la actividad pesquera, capturen tiburones, como producto único y exclusivo de la pesca incidental, podrán comercializar y utilizar íntegramente su carne” (Correa, 2017)

“**Art. 7.-** Se permitirá únicamente el desembarque de tiburones enteros procedentes de la pesca incidental efectuada por embarcaciones registradas en la Subsecretaría de Recursos Pesqueros y en las Capitanías del Puerto, ubicadas a lo largo de la costa continental, con la finalidad de proceder a su comercialización. La remoción de las aletas podrá efectuarse únicamente en tierra, en los puertos de desembarque ubicados a lo largo de la costa continental” (Ecuador, 2023)

“**Art. 8.-** Las aletas de tiburón que sean decomisadas, no serán sujeto de donación, venta, subasta, ni podrán ser exportadas. Estas aletas serán custodiadas por la autoridad competente de la jurisdicción donde éstas hayan sido decomisadas, la que actuará, según el orden: a) Policía ambiental; b) Subsecretaría de Recursos Pesqueros; y, c) Capitanías de Puerto” (Ecuador, 2023)

“**Art. 9.-** En el caso de que se efectúen capturas incidentales de ejemplares vivos o muertos de las siguientes especies: tiburón ballena (*Rhincodon typus*), del tiburón

peregrino (*Cetorhinus maximus*), del tiburón 12 blanco (*Carcharodon carcharias*), tiburón sardinero (*Lamna nasus*), cazón espinoso o mielga (*Squalus acanthias*), éstos deberán ser regresados inmediatamente al mar” (Ecuador, 2023)

“**Art. 10.-** Prohíbese la importación e internación de cualquier forma y trasbordo marítimo de tiburones enteros o aletas de tiburón en cualquier estado de conservación o procesamiento, aun cuando hayan sido capturados en aguas internacionales” (Ecuador, 2023)

“**Art. 11.-** Se permitirá el almacenamiento, comercialización, transporte y de aletas de tiburón provenientes de la pesca incidental realizada por embarcaciones registradas en la Subsecretaría de Recursos Pesqueros, y en las Capitanías de Puerto, y que sean desembarcadas en los puertos de la costa continental (Ecuador, 2023) Acuerdo N° 151, sobre la Reserva de Pesca Artesanal y la Zona de Amortiguamiento dentro del Archipiélago de Galápagos y prohibiciones varias, indica:

“**Art. 8.-** En las zonas de reserva pesquera artesanal y la zona de amortiguamiento establecido en este Acuerdo, queda prohibido la pesca de tiburón, así como el transporte y comercialización para el continente de las aletas de esta especie” (Ecuador, 2023)

Acuerdo N° 091 sobre las regulaciones para la captura y comercialización del tiburón:

“**Art. 1.-** Quienes durante el ejercicio de la actividad pesquera capturen tiburones, deberían utilizar íntegramente su carne, ya sea comercializándola en los mercados internos y externos, o donándola a casa de asistencia social ecuatorianas. En consecuencia, se prohíbe extraer las aletas de este recurso y devolver el cuerpo no

aprovechado al mar. Un reporte de las capturas de tiburón y del destino de su carne, deberá ser enviado, para efectos de control a la Dirección General de Pesca, tan pronto terminen las faenas de pesca” (Correa, 2017).

Acuerdo N° 036 sobre las Regulaciones para la Comercialización de Aletas de tiburón menciona:

“**Art.1.-** Las personas naturales y/o jurídicas debidamente autorizadas con apego a lo dispuesto en la Ley de Pesca y Desarrollo pesquero, que deseen explotar aletas de tiburón; sin perjuicio de lo establecido en la Ley de Facilitación de Exportaciones, deberán cumplir con las siguientes disposiciones:

a.- Las aletas de tiburón serán, exclusivamente de especímenes capturados incidentalmente. (Subsecretaría, 2023)

b.- Las embarcaciones artesanales, semi-industriales o industriales dedicadas a la captura de pesca blanca utilizando anzuelo, deberán llevar a bordo una bitácora de pesca que deberá contener en detalle datos relativos a las capturas (fecha, lugares, especies, pesos, volúmenes diarios, etc.). Las anotaciones estarán a cargo del patrón de pesca el que las suscribirá diariamente.

c.- Las empresas y/o personas naturales debidamente autorizadas que compren la pesca deben necesariamente elaborar las respectivas notas de compra-venta con notificación clara de los volúmenes y tipos de especies que se negocian. Dichas notas de venta deberán ser suscritas por el vendedor y el comprador, haciendo referencia al barco y al periodo de pesca que corresponde.

d.- Las empresas, cooperativas y/o comerciantes que deseen comercializar aletas de tiburón procedente de la pesca incidental deben mantener un registro (Kardex) de las comprar y ventas de pescado en la que se incluya al tiburón y aletas, los que deben estar a disposición permanente de las autoridades pesqueras para sus verificaciones” (Subsecretaría, 2023)

“**Art. 2.-** Para la exportación de aletas de tiburón proveniente de pesca incidental en el mar continental se requiere en cada caso, autorización expresa de la Dirección General de Pesca.

A este efecto el interesado deberá presentar la solicitud a dicha dependencia acompañado: a- Formulario único de exportación (F.U.E.):

b.- Facturas originales.

c.- Original de las notas de compra-venta mediante las cuales se justifiquen la procedencia de las aletas” (González, 2018)

“**Art. 3.-** La exportación de aletas solamente la pueden realizar las personas naturales y/o jurídicas que estén debidamente autorizadas mediante Acuerdo del Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca (Subsecretaría, 2023)

“**Art. 4.-** Las personas naturales y/o jurídicas que induzcan o traten de inducir a error bajo cualquier medio a las autoridades de pesca, serán sancionadas con la suspensión definitiva de sus autorizaciones para dedicarse a la actividad pesquera, sin perjuicio de las demás acciones legales a que hubiere lugar” (Subsecretaría, 2023)

“**Art. 5.-** Las aletas de tiburón que se intenten exportar sin cumplimiento de las disposiciones antes señaladas, serán decomisadas e incineradas sin más fórmula en juicio” (Subsecretaría, 2023)

Decreto 2130 modificado de acuerdo con el 036 sobre las Regulaciones para la Comercialización de aletas de tiburón el artículo 1, 2, 3 y 4 mencionan lo siguiente:

“**Art. 1.-** Prohíbese expresamente la exportación o comercialización de aletas de tiburón en todo el territorio ecuatoriano, incluso en el evento de que su captura haya sido incidental” (González, 2018)

“**Art. 2.-** Las aletas de tiburón que se intenten exportar o cuya procedencia o destino no pueda justificarse serán decomisadas e incineradas sin más fórmula de juicio, bajo la responsabilidad de la Dirección Nacional de Pesca (DNP)” (Subsecretaría, 2023)

“**Art. 3.-** Las personas naturales y/o jurídicas que induzcan o traten de inducir a error bajo cualquier medio a las autoridades comerciales o autoridades de pesca, serán sancionadas con la suspensión definitiva de sus autorizaciones para dedicarse a la actividad pesquera sin perjuicio de las demás acciones legales a que hubiera ha lugar” (González, 2018) **Art. 4.-** Se prohíbe la pesca dirigida de tiburones en todo el territorio ecuatoriano. La importación de artes de pesca utilizados para la captura de este recurso y la prohibición de descartes de tiburones en alta mar” (Subsecretaría, 2023)

Actualmente en abril del 2020 de acuerdo con la Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca, en el **Art. 152** de tiburones y especies afines menciona: “Se prohíbe la pesca dirigida de tiburones, mantas y otros elasmobranquios que el ente rector determine, así como, la fabricación, transporte, importación, comercialización de artes de pesca utilizados para capturar estos recursos, la mutilación de las aletas de tiburón y el descarte de sus cuerpo al mar, la importación, transbordo e internación de tiburones enteros o aletas de tiburón en cualquier estado de conservación o procesamiento, aun cuando hayan sido capturados en aguas internacionales” (Subsecretaría, 2023)

8.3. FASE DE CAMPO

8.3.1. Selección de los especímenes

Se consideraron las muestras de *Prionace glauca* que sean descargadas en el puerto de Santa Rosa, y se llevó a cabo la extracción de embriones para posteriormente registrar sus medidas biométricas.

8.3.2. Talla de los especímenes

Se realizó la medición de la longitud total (LT), longitud furcal (LF) y longitud precaudal (LPC) utilizando una cinta métrica, y los valores serán registrados en centímetros (cm). Además, se determinará el peso total del embrión (WE) utilizando una balanza, y los valores se expresarán en gramos (g). Todos estos datos fueron registrados en hojas de campo junto con la información correspondiente, como se muestra en la (Figura 2.).

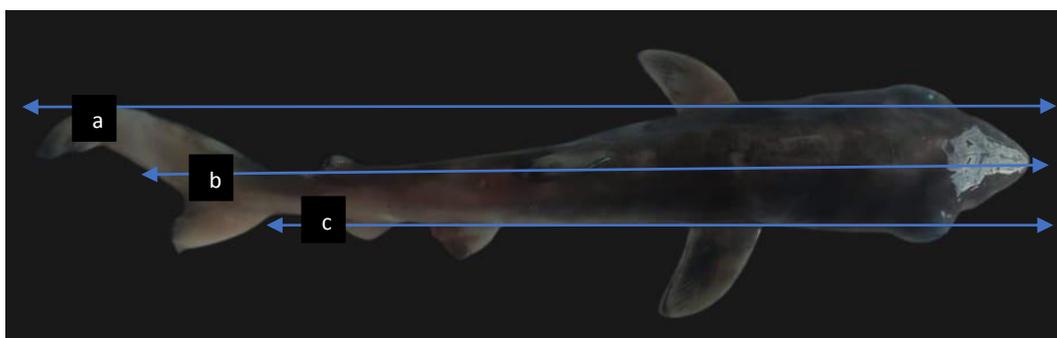


Figura 3. Medidas biométricas en los embriones del *Prionace glauca*; a) Longitud total (LT), b) Longitud furcal (LF) y c) Longitud precaudal (LPC)

8.3.3. Disección de la muestra

Para extracción del hígado de los organismos, se realizó un corte longitudinal desde el ano hasta la cavidad bucal. Se hizo un corte que va desde la región posterior del esófago hasta la región anterior del intestino, lo cual permitió separar y extraer el hígado. Posteriormente, las muestras se colocaron en un cedazo y se enjuagarán con agua de mar para eliminar los jugos gástricos, siguiendo el procedimiento descrito por (Ory, 2018).

Se colocaron los contenidos del hígado en recipientes de vidrio con agua, los cuales fueron etiquetados y almacenados en una hielera a una temperatura aproximada de 5°C

para su transporte. Luego las muestras fueron transportadas al laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias del Mar de la UPSE para su posterior análisis.



Figura 4. Identificación y extracción del Hígado del embrión *Prionace glauca*

8.3.4. Seguimiento de los embriones por mes

Durante mayo, junio y julio del 2023, se llevaron a cabo muestreos al azar en el Puerto Pesquero Santa Rosa con el objetivo de recolectar embriones de la especie *P. glauca*. Desde el principio, se extrajeron los embriones con precaución, debido a que su piel y composición son delicados y propensos a la liberación de pigmentación. Las muestras fueron recolectadas de las hembras grávidas desembarcadas en el Puerto de Santa Rosa, posteriormente, los embriones fueron recolectados y ubicados en hieleras para su respectivo análisis en el laboratorio de biología de la facultad ciencias de mar Upse. En mayo se obtuvo 80 embriones, se realizaron las tomas de medidas biométrica, autopsia para la extracción del hígado y su peso, para respectiva tabulación. En junio se registraron 93 embriones cada uno de los embriones fue registrado de manera adecuada en una tabla que incluye sus medidas biométricas y peso. En julio no se obtuvieron muestras debido al manejo pesquero del puerto.

Tabla 1. Seguimiento de los embriones por mes.

| SEGUIMIENTO DE LOS EMBRIONES POR MES | | | |
|--------------------------------------|------|-------|-------|
| MES | MAYO | JUNIO | JULIO |
| EMBRIÓN | 80 | 93 | 0 |

8.3.5. Registro de embarcaciones destinadas a la pesca del *Prionace glauca* en el Puerto de Santa Rosa mes de mayo 2023

Las embarcaciones destinadas a la pesca de *Prionace glauca* desembarcados en el puerto de Santa Rosa fueron registradas con sus coordenadas y temperaturas correspondientes a las 100 millas náuticas donde se efectúan la captura de los ejemplares, En mayo se registró temperaturas oceánicas de intervalos de 27°-28°c según registros del MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, COMERCIO EXTERIOR, INVERSION Y PESCA (MPCEIP).

Tabla 2. Embarcaciones pesqueras del Puerto Pesquero Santa Rosa en mayo 2023.

| N° de embarcaciones | Coordenadas de pesca (MPCEIP) | | Temperatura oceánica (°c) (INOCAR) |
|---------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------------|
| | Latitud | Longitud | |
| 1 | 4° 13" 00 | -83° 00" 0 | 28 |
| 2 | 4° 13" 01 | -83° 00" 1 | 28 |
| 3 | 4° 13" 02 | -83° 00" 2 | 27,5 |
| 4 | 4° 13" 03 | -83° 00" 3 | 28 |
| 5 | 4° 13" 04 | -83° 00" 4 | 28 |
| 6 | 4° 13" 05 | -83° 00" 5 | 28,1 |
| 7 | 4° 13" 06 | -83° 00" 6 | 28 |
| 8 | 4° 13" 07 | -83° 00" 7 | 27,5 |
| 9 | 4° 13" 08 | -83° 00" 8 | 28 |
| 10 | 4° 13" 09 | -83° 00" 9 | 28 |
| 11 | 4° 13" 10 | -83° 00" 10 | 28,2 |
| 12 | 4° 13" 11 | -83° 00" 11 | 28 |
| 13 | 4° 13" 12 | -83° 00" 12 | 28 |
| 14 | 4° 13" 13 | -83° 00" 13 | 28 |
| 15 | 4° 13" 14 | -93° 00" 14 | 28 |
| 16 | 4° 13" 15 | -95° 00" 15 | 28,3 |
| 17 | 4° 13" 16 | -83° 00" 16 | 28 |
| 18 | 4° 13" 17 | -83° 00" 17 | 28 |
| 19 | 4° 13" 18 | -83° 00" 18 | 28 |
| 20 | 4° 13" 19 | -83° 00" 19 | 28 |

8.3.6. Registro de embarcaciones destinadas a la pesca del *Prionace glauca* en el Puerto de Santa Rosa mes de junio 2023

Las embarcaciones destinadas a la pesca de *Prionace glauca* desembarcados en el puerto de Santa Rosa fueron registradas con sus coordenadas y temperaturas correspondientes a las 100 millas náuticas donde se efectúan la captura de los ejemplares, En mayo se registró temperaturas oceánicas de intervalos de 25°-26,5°c según registros del MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, COMERCIO EXTERIOR, INVERSION Y PESCA (MPCEIP).

Tabla 3. Embarcaciones pesqueras del Puerto Pesquero Santa Rosa en junio 2023.

| N° de embarcaciones | Coordenadas de pesca (MPCEIP) | | Temperatura oceánica (°c)(INOCAR) |
|---------------------|-------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| | Latitud | Longitud | |
| 1 | 4° 13" 00 | -83° 00" 0 | 26 |
| 2 | 4° 13" 01 | -83° 00" 1 | 25 |
| 3 | 4° 13" 02 | -83° 00" 2 | 25 |
| 4 | 4° 13" 03 | -83° 00" 3 | 26 |
| 5 | 4° 13" 04 | -83° 00" 4 | 25 |
| 6 | 4° 13" 05 | -83° 00" 5 | 25,5 |
| 7 | 4° 13" 06 | -83° 00" 6 | 26 |
| 8 | 4° 13" 07 | -83° 00" 7 | 25,5 |
| 9 | 4° 13" 08 | -83° 00" 8 | 26 |
| 10 | 4° 13" 09 | -83° 00" 9 | 26 |
| 11 | 4° 13" 10 | -83° 00" 10 | 26,5 |
| 12 | 4° 13" 11 | -83° 00" 11 | 26 |
| 13 | 4° 13" 12 | -83° 00" 12 | 26 |
| 14 | 4° 13" 13 | -83° 00" 13 | 25 |
| 15 | 4° 13" 14 | -93° 00" 14 | 26 |
| 16 | 4° 13" 15 | -95° 00" 15 | 26,3 |
| 17 | 4° 13" 16 | -83° 00" 16 | 28 |
| 18 | 4° 13" 17 | -83° 00" 17 | 26 |
| 19 | 4° 13" 18 | -83° 00" 18 | 26 |
| 20 | 4° 13" 19 | -83° 00" 19 | 25 |

8.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO

8.4.1. Análisis del contenido embrionario

Para el análisis de peso los embriones fueron pesados con una balanza, para ver el estado nutricional de los embriones, tomando en cuenta las variables de peso según la metodología aplicada por Mora (2005), específicamente utilizando Índice de Rendimiento Corporal (Abad, 2014):

Tabla 4. El Índice del rendimiento corporal de los embriones P. glauca

| ÍNDICE DEL RENDIMIENTO CORPAL (Abad, 2014) | | | |
|---|--------------------|-------------|----------------|
| Clase | Abreviatura | Peso | Medidas |
| Clase I | C-I | Peso mínimo | Gramos (g) |
| Clase II | C-II | Peso medio | Gramos (g) |
| Clase III | C-III | Peso máximo | Gramos (g) |

Se basa en los pesos totales (WT) del embrión distribuyendo en tres clases (I-II-III), siguiendo como guía los datos biométricos obtenidos en los tres meses.

8.4.2. Análisis de peso del hígado

Se extrajo el hígado, para ser pesado con la balanza registrando las tomas para determinar el Índice Hepatosomático (Abad, 2014):

$$IHS = \frac{WH}{WE} \times 100$$

Figura 5. Índice Hepatosomático

El peso del (IHP) es la división del peso del hígado (WH) con el peso eviscerado (WES) similar al peso total por ser tamaño pequeño no presenta variedad con el peso total (WT), el valor obtenido de la división se multiplica por 100 sacando el promedio máximo y mínimo de los embriones. Al sacar los porcentajes ayudara a entender cuántas energías reservadas contiene el hígado (Abad, 2014).

8.4.3. Identificación taxonómica del embrión *Prionace glauca* siendo alterado

Para obtener información detallada sobre los embriones de *Prionace glauca* se utilizó la guía ecuatoriana de tiburones, rayas y quimeras para obtener información detallada acerca de los embriones de *Prionace glauca* (Mejía, 2011). Esta guía ofrece tanto información escrita como gráfica sobre las características de la especie, abarcando su clasificación taxonómica desde el nivel de orden hasta el de especie, junto con datos biológicos. Además, se presentó de forma ilustrativa la distribución conocida del *Prionace glauca* en Ecuador. Por último, se realizó una evaluación de la categoría actual de conservación de esta especie, siguiendo las directrices establecidas por la Lista Roja de especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Higuero, 2022).

8.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LOS EMBRIONES *Prionace glauca* Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA.

8.5.1. Factor de Condición de Fultón

Se calculó el factor de condición de Fultón (K) con el propósito de evaluar el estado de salud y fortaleza de los embriones de *Prionace glauca*. Esta métrica facilita la comparación entre embriones de igual longitud y fue estimada mediante la siguiente fórmula (Leyton, 2015):

$$K = 100 \left(\frac{W}{L^3} \right)$$

Figura 6. Factor de Condición Fultón

En la fórmula, W representa el peso corporal húmedo en gramos, mientras que L corresponde a la longitud en centímetros. Este índice calcula un crecimiento isométrico de los individuos, lo cual significa que solo ocurre cuando las longitudes son iguales. Para solucionar esta dificultad, podemos emplear el factor de condición relativa:

$$kn = \left(\frac{W}{W^t} \right)$$

Figura 7. Factor de Condición Relativa

Donde W representa el peso observado y W' es el peso esperado obtenido mediante las

ecuaciones de regresión entre el peso y la longitud:

$$W^t = a \times L^b$$

Figura 8. El Peso Esperado

8.5.2. Coeficiente de Correlación de Karl Pearson

Es cuantificar la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que siguen una distribución conjunta normal. Fórmula siguiente (Apaza, 2022):

$$p = \frac{cov(x, y)}{x^\sigma y^\sigma}$$

$$-1 \leq p \leq 1$$

Figura 9. Coeficiente de Correlación de Karl Pearson

Cuando el coeficiente ρ es positivo, existe una relación directa entre las variables. En cambio, si ρ es negativo, la relación es inversa. Si ρ es igual a cero, las variables se consideran independientes. El coeficiente puede ser expresado en términos de su estadístico como:

$$\gamma = \frac{(\sum_{i=1}^n (X_i - X)(Y_i - Y))}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2][\sum_{i=1}^n (Y_i - Y)^2]}}$$

$$-1 \leq \gamma \leq 1$$

Figura 10. Coeficiente Expresado

El coeficiente de concreciones de Pearson es el promedio geométrico de los pendientes de los modelos de regresión lineal simple Y/X y X/Y:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Figura 11. Coeficiente de Concreciones de Pearson

El coeficiente de coincidencias de Pearson es el intercepto del modelo (β_0) y la pendiente del modelo (β_1), donde β_0 representa el valor de y cuando x es igual a cero, y β_1 indica el cambio esperado en Y por cada unidad de cambio en X .

9. ANALISI DE INFORMACIÓN

Para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos, se utilizó la prueba de hipótesis con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre las muestras tomadas en diferentes meses, específicamente en mayo y julio. Estos meses fueron seleccionados debido a que se observaron menor cantidad de embriones en mayo y mayor cantidad en julio. Se sacó la mediana del peso variable en mayo (n_1) y la mediana del peso en julio (n_2), así como también se realizó el mismo procedimiento para la longitud (Leyton, 2015):

$$H_0: n_1 = n_2 \text{ vs } H_a: n_1 \neq n_2$$

Figura 11. Prueba de Hipótesis

9.1. Relación entre longitud y el peso de embriones *Prionace glauca*

Una vez definido el efecto de las muestras en distintos meses, se procedió a establecer la relación entre el peso y la longitud de los embriones *Prionace glauca* utilizando un modelo que contiene funciones intrínsecamente lineales, tales como modelos exponenciales y potenciales, entre otros.

$$Y = b_0 X^{b_1}$$

Figura 12. Relación entre Longitud (L) y Peso (W)

El modelo propuesto para los embriones de *Prionace glauca* se expresa como Y (peso) en función de la (longitud de los embriones) X. Para estimar los parámetros del modelo, se obtuvo el método de mínimos cuadrados. La validez de los modelos se verificó mediante la prueba de Kolmogorov y Smirnov para la normalidad de los residuos. Además, el supuesto de homogeneidad de varianzas también fue confirmado satisfactoriamente.

10. RESULTADOS

10.1 Registro de hembras grávidas desembarcadas en el Puerto de Santa Rosa 2023

Durante el período de investigación, se registraron seis hembras gaviadas con su respectiva longitud total de 170 a 181 cm, que contenía embriones entre 24 y 35 cm de longitud total por camada.

Tabla 5. Talla de hembras grávidas con el número de embriones.

| N^a | Mes | Longitud Total (cm) | Nº de embriones por camada (g) | Fases embrionarias por camada | Observaciones |
|----------------------|------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | Mayo | 170 | 24 | Fase -III (21 – 28 cm) | |
| 2 | Mayo | 187 | 35 | Fase -III (21 – 28 cm) | 1 embrión (16 cm LT fase II, peso total 19g) |
| 3 | Mayo | 179 | 25 | Fase -III (21 – 28 cm) | |
| 4 | Junio | 185 | 35 | Fase III (21 – 28 cm) | 1 embrión (12 cm LT fase II, peso total 7g) |
| 5 | Junio | 178 | 24 | Fase II (16 – 20 cm) | |
| 6 | Junio | 181 | 30 | Fase III (21 – 28 cm) | 1 embrión (17 cm LT fase II, peso total 21g) |

10.2. Correlación de Pearson con talla de hembras grávidas y con el número de embriones

El coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.866637424, lo que indica una fuerte correlación positiva cercana a 1. Esto significa que las variables están directamente relacionadas entre sí, ya que un valor mayor que 0 señala una asociación positiva.

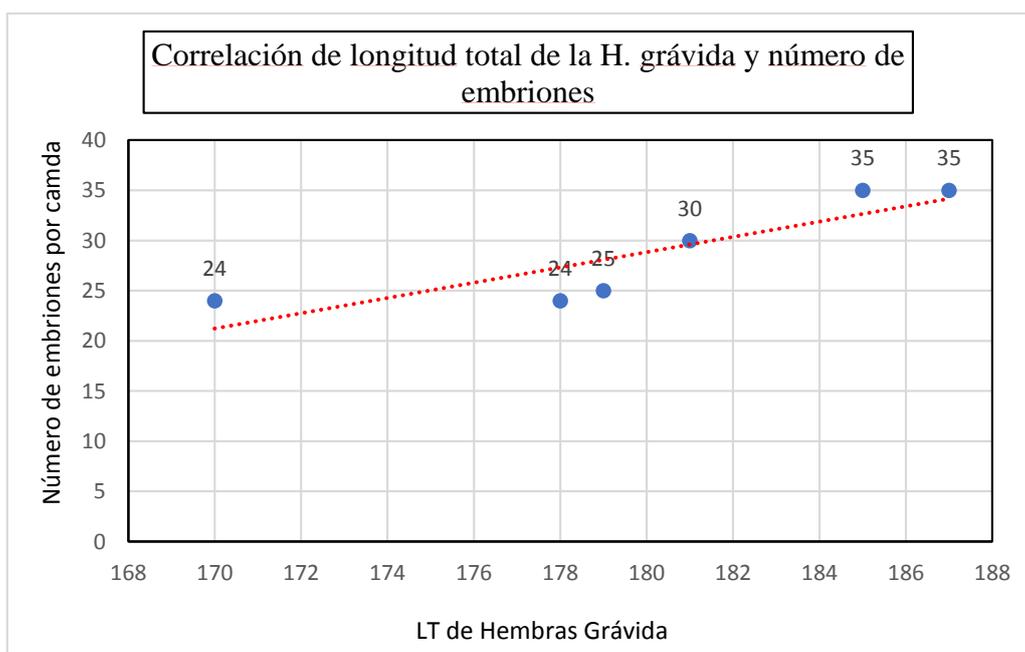


Figura 13. Porción de sexo de los embriones *P. glauca*

10.3. Análisis de tallas del embrión *P. glauca*

Se obtuvo 173 muestras de embriones (97 hembras y 76 machos). Los datos muestran una distribución sesgada tanto para hembras ($D = 0.67923$, $p\text{-value} < 0.05$) como para machos ($D = 0.68933$, $p\text{-value} < 0.05$). La proporción sexual para hembras y machos fue 1H:0.78M ($X^2 = 2.5491$, $p\text{-value} > 0.05$), no evidenciando diferencias entre sexos.

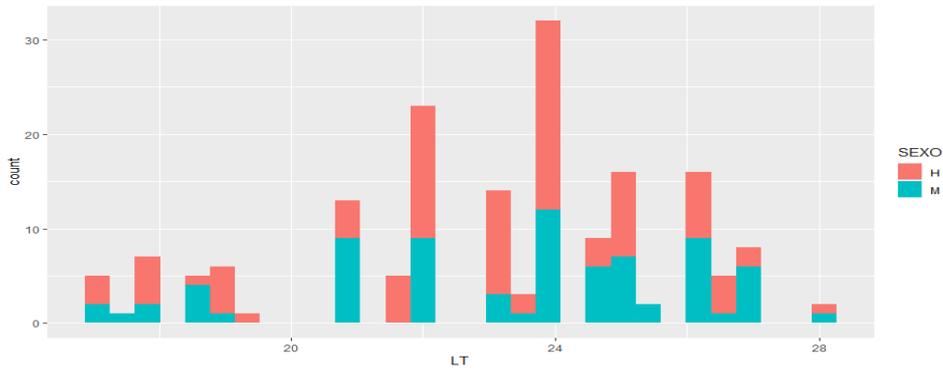


Figura 14. Porción de sexo de los embriones *P. glauca*

Las hembras ubican la mediana en 23 cm LT ($Q_2=21.75$; $Q_3=24.5$), mientras que los machos la ubican en 24 cm LT ($Q_2=21.25$; $Q_3=25.37$), no evidencian diferencias significativas entre ambos grupos ($U = 3277.5$, $p\text{-value} > 0.05$). La distribución temporal indica que el mes con la mediana más alta fue mayo ($Q_2=24$, mediana=25, $Q_3=26$). Se presentó en mayo embriones de 21 a 28 cm de longitud total, registrando embriones de fase III, mientras en junio se registró embriones de 16 a 20 cm de longitud total denominándose fase II y 20 a 28 cm de longitud total registrando embriones de fase III.

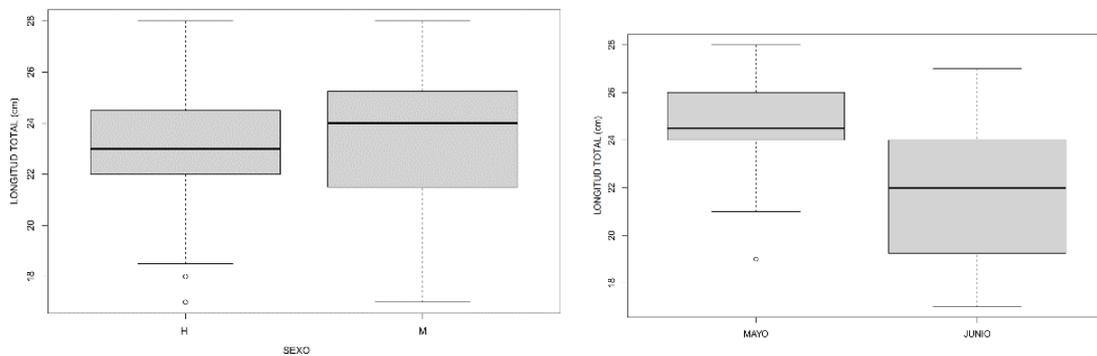


Figura 15. Análisis de Talla

10.4. Relación talla-peso

Existe un 76.6 % de relación entre la longitud total de los embriones y el peso total observado, la regresión obtenida fue de tipo potencial ($b=2,48$; $a=0.02$). El rango de pesos observados comprende desde 20 g a 80 g ($Q_2=40$, mediana=50, $Q_3=60.75$). Los embriones de *Prionace glauca* presentan alometría negativa ($b<2.5$).

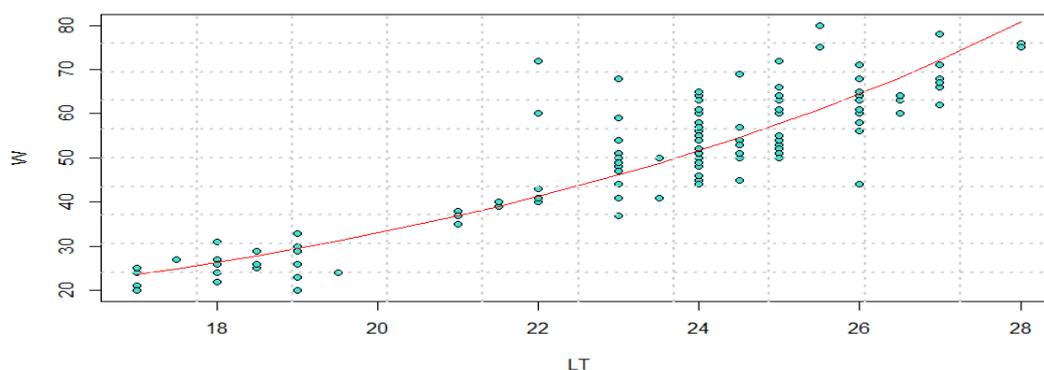


Figura 16. Relación en X Longitud Total (LT) y Y Peso Total (WT)

Existe un 57.13 % de relación entre la longitud total de los embriones y el peso total del hígado, la regresión obtenida fue de tipo potencial ($b=5.37$; $a=7e08$). El rango de pesos observados comprende desde 0.3 g a 5 g ($Q1=1$, mediana=1.5, $Q3=3$).

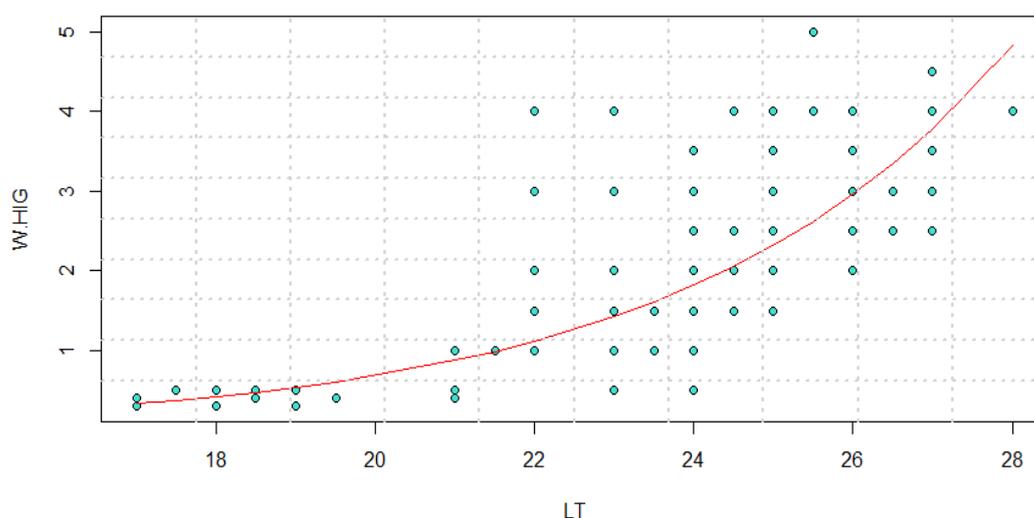


Figura 17. Relación en X Longitud Total (LT) y Y Peso del Hígado (WH)

10.5. Análisis del factor de condición (F)

Los embriones de tiburón azul presentaron isometría ($b=2.5$). Existen diferencias significativas en el factor de condición entre los mayo y junio se muestreo ($U=4408.5$, $p<0.05$), mientras que para hembras no existen diferencias significativas ($U=3953$, $p>0.05$). Para hembras comprende un rango entre 0.67 y 1.68 ($Q1=0.92$, mediana=0.96, $Q3=1.04$). mientras que para machos comprendió un rango entre 0.68 y 1.41 ($Q1=0.89$, mediana=0.94, $Q3=1.03$). Durante todo el muestreo se observó la presencia de individuos con el factor de condición menor a 0.8 (2 hembras y un macho), que son considerandos

individuos no viables para el desarrollo. Considerando que el factor de condición referencial el óptimo desarrollo de los embriones es 1, se puede deducir que las medianas tanto para hembras como para machos se ubican próximas, pero por debajo del nivel óptimo. El factor de condición por meses indica que los individuos de mayo tienen la mediana y variación mayor que en junio este fenómeno puede ser explicado por el número de individuos muestreados.

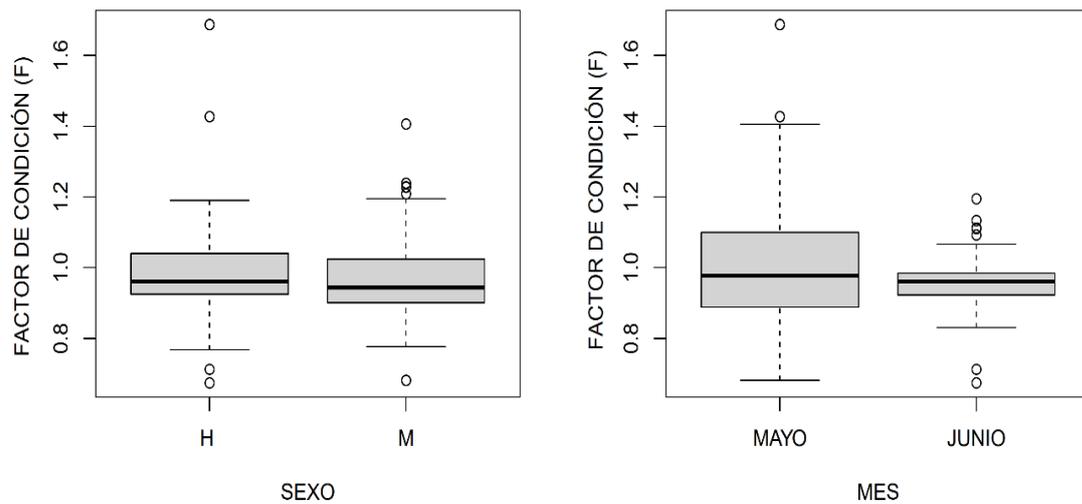


Figura 18. Factor de condición (F) con a) sexos y b) meses

11. Análisis de los modelos de estudio

Se correlacionó el Factor de condición individual con los parámetros ambientales físicos como temperatura superficial del mar (TSM), índice de oscilación del sur (El Niño) y biológicos como el índice hepatosomático. El modelo lineal indica que, si bien existe una relación mínima entre el factor de condición de los embriones y la temperatura superficial del mar, ésta solo explica el 4.76 % de la variabilidad. El índice de oscilación del sur explica una variabilidad del 15.98 % sobre el factor de condición y el índice hepatosomático explica una variabilidad del 20.64 % sobre el factor de condición. El conjunto de condiciones físicas juntas (TSM y SOI) indican una variabilidad de 16.08 % sobre el factor de condición, mientras la suma de condiciones físicas y biológicas (IHP) explican el 27.27 % de la variabilidad del factor de condición.

Tabla 7. Análisis de los modelos de condiciones de Fultón

| MODELO | DATOS | Coeficiente de determinación | F (p-value) | AIC |
|-------------|---|------------------------------|-------------|-----------|
| MOD1 | Fultón (F) + Temperatura (TSM) | 4.762 % | 0.002274 | -186.8135 |
| MOD2 | Fultón (F) + Índice de oscilación del sur (SOI) | 15.98 % | 3.039e-08 | -208.4936 |
| MOD3 | Fultón (F) + Índice Hepatosomático (IHP) | 20.64 % | 2.06e-10 | -218.3621 |
| MOD4 | Fultón (F) + Índice de oscilación del sur (SOI) + Temperatura (TSM) | 16.08 % | 1.25e-07 | -207.7135 |
| MOD5 | Fultón (F) + Anormalidad de Temperatura (SOI) + Temperatura (TSM) + Índice Hepatosomático (IHP) | 27.27 % | 2.649e-12 | -231.4822 |

El modelo que mejor explica las razones en la modificación del factor de condición de embriones incluye tanto la TSM, SOI y el IHP según el criterio de información de Akaike (-231.48). La TSM afecta a los embriones con correlación negativa (0.23) evidenciando que el factor de condición disminuye a medida que la temperatura aumenta. El SOI afecta a los embriones con correlación positiva leve (0.4), se observa que a mayor grado de temperatura el factor de condición aumenta levemente. Mientras que el IHP tiene una correlación positiva (0.46) donde aumenta el factor de condición a medida que aumenta el IHP.

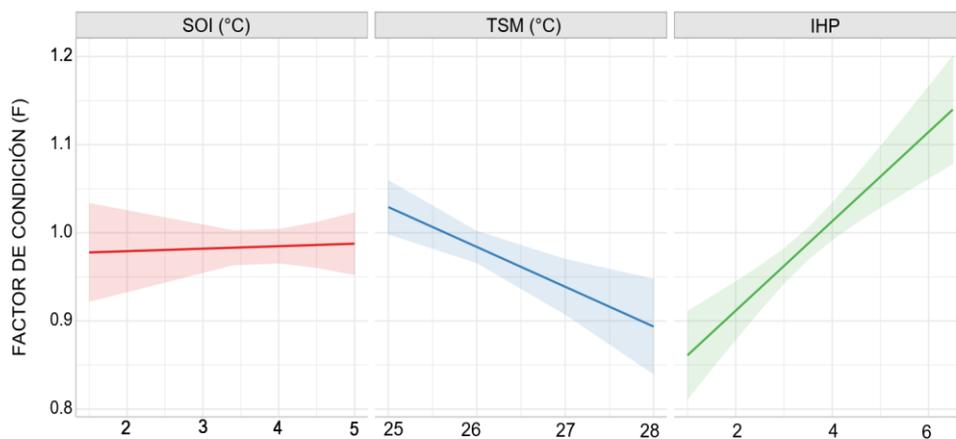


Figura 19. Factor de condición (F) modelo 5, SOI Índice de oscilación del sur, TSM Temperatura superficial del mar, IHP Índice hepatosomático

12. Ficha descriptiva de los embriones de *P. glauca* con presencia de anomalías biológica

En el mes mayo se detectaron irregularidades en los embriones de *P. glauca* debido a la limitación de espacio en la placenta. En un caso, una hembra grávida con una distancia interdorsal de 40 cm almaceno una camada de 35 embriones. Aproximadamente el 1% de las hembras embrionarias sufrieron ahorcamiento, lo que resultó en condiciones inferiores en comparación con los demás embriones.

En el mes junio las hembras grávidas fueron desembarcadas en el Puerto de Santa rosa con una distancia interdorsal de 35 cm llevaba una camada de 30 embriones. A diferencia del primer caso, no se observaron anomalías de ahorcamiento, pero hubo variaciones en el peso de los embriones. Durante el estudio, se detectó una anomalía en un macho, el cual presentaba desnutrición. Esta condición se atribuyó a la alimentación y a la cantidad de reserva energética que la madre tenía, ya que se distribuyó una cantidad limitada de reservas a los embriones, lo que resultó en anomalías en peso y talla.

12.1 Ficha descriptiva

Nombre Científico: *Prionace glauca*
 Nombre Común: Tiburón azul o tiburón aguado



Figura 20. Morfología externa del embrión *P. glauca*

| TALLA Y PESO DEL EMBRIÓN | DESCRIPCIÓN DEL EMBRIÓN | CARACTERÍSTICA DE LA HEMBRA GRAVIDA |
|---------------------------|---|---|
| LONGITUD TOTAL (LT): | SEXO: | CORTEJO: |
| 12 cm | Hembra (H) | Si presenta |
| LONGITUD FURCAL (LF): | CUERPO: | INTER DORSAL (cm): |
| 10 cm | Es corto con contextura fina y delga, sus aletas no están desarrolladas por completo. | 40 cm |
| LONGITUD PRECAUDAL (LPC): | COLORACIÓN DEL CUERPO: | ALIMENTACIÓN: |
| 9 cm | Tiene coloración café claro, los filos de las aletas semi formadas son de color negras con líneas finas y en las alteas presente coloración negro claro. | Calamares, peces pelágicos pequeños, crustáceos entre otros |
| PESO TOTAL (g): | COLORACIÓN DEL HÍGADO: | UBICACIÓN: |
| 7 g | Tiene coloración café claro con dimensión corta | Puerto Pesquero de Santa Rosa |
| PESO HÍGADO(g): | DIAGNOSTICO: | CANTIDAD DE EMBRIONES PRESENTE EN LA CAMADA: |
| 0.1 g | El embrión al momento de ser extraído, ya tenía varios meses fallecido por eso presenta coloración café, esto dependió del cordón uterino falsado, permitiendo que el mismo se ahorcara desde sus inicios de vida. Con Fase II con longitud total de 12cm, mientras los demás embriones tenían Fase III (21 – 28 cm). | 35 embriones por camada |

Tabla 8. Embrión *P. glauca*

Nombre Científico: *Prionace glauca*
 Nombre Común: Tiburón azul o tiburón aguado



Figura 21. Morfología externa del embrión *P. glauca*

| TALLA Y PESO DEL EMBRIÓN | DESCRIPCIÓN DEL EMBRIÓN | CARACTERÍSTICA DE LA HEMBRA GRAVIDA |
|---------------------------|---|---|
| LONGITUD TOTAL (LT): | SEXO: | CORTEJO: |
| 16 cm | Hembra (H) | Si presenta |
| LONGITUD FURCAL (LF): | CUERPO: | INTER DORSAL (cm): |
| 13 cm | Es semi corto con contextura gruesa y delgado sus aletas están formadas, presenta acumulación de sangre en la zona ventral del cuerpo. | 40 cm |
| LONGITUD PRECAUDAL (LPC): | COLORACIÓN DEL CUERPO: | ALIMENTACIÓN: |
| 12 cm | Tiene coloración blanca, los filos de las aletas de color azul oscuro, tiene una peculiaridad de color rojo en toda la zona ventral, la cabeza presenta inicio de coloración roja. | Calamares, peces pelágicos pequeños, crustáceos entre otros |
| PESO TOTAL (g): | COLORACIÓN DEL HÍGADO: | UBICACIÓN: |
| 19 g | Tiene coloración crema presencia que ha tenido alimentación mediante la madre. | Puerto Pesquero de Santa Rosa |
| PESO HÍGADO(g): | DIAGNOSTICO: | CANTIDAD DE EMBRIONES PRESENTE EN LA CAMADA: |
| 0.3 g | El embrión al momento de ser extraído, ya tenía semanas muerto nos indica por su coloración, ya que presenta el color típico de los embriones en crecimiento, con el cordón uterino, permite que el mismo se ahorque por la falta de espacio en la placenta, al haber varios embriones deja corte el espacio, propenso a tener heridas profundas por el cordón uterino. Dejando asfixiado al embrión. Con Fase II con longitud total de 16 cm, mientras los demás embriones tenían Fase III (21 – 28 cm). | 35 embriones por camada |

Tabla 9. Embrión *P. glauca*

Nombre Científico: *Prionace glauca*
 Nombre Común: Tiburón azul o tiburón aguado



Figura 22. Morfología externa del embrión *P. glauca*

| TALLA Y PESO DEL EMBRIÓN | DESCRIPCIÓN DEL EMBRIÓN | CARACTERÍSTICA DE LA HEMBRA GRAVIDA |
|---------------------------|---|---|
| LONGITUD TOTAL (LT): | SEXO: | CORTEJO: |
| 17 cm | Macho (M) | Si presenta |
| LONGITUD FURCAL (LF): | CUERPO: | INTER DORSAL (cm): |
| 14 cm | Es alargado con contextura gruesa y delgado con aletas formadas, presenta acumulación de sangre en la zona dorsal desde la aleta dorsal hasta la aleta caudal. | 35 cm |
| LONGITUD PRECAUDAL (LPC): | COLORACIÓN DEL CUERPO: | ALIMENTACIÓN: |
| 12,5 cm | Tiene coloración plomo con varios puntos de color negro, los filos de las aletas son de color negro oscuro, tiene una peculiaridad de color rojo en toda la zona dorsal, presencia en el la cabeza del embrión. | Calamares, peces pelágicos pequeños, crustáceos entre otros |
| PESO TOTAL (g): | COLORACIÓN DEL HÍGADO: | UBICACIÓN: |
| 21 g | Tiene coloración crema presencia que ha tenido alimentación mediante la madre. | Puerto Pesquero de Santa Rosa |
| PESO HÍGADO(g): | DIAGNOSTICO: | CANTIDAD DE EMBRIONES PRESENTE EN LA CAMADA: |
| 0.3 g | El embrión al momento de ser extraído, fue pesado dando el peso del hígado mínimo que muestra la poca reserva energética que tubo, este individuo no presente mortalidad, ya que tuvo el suficiente espacio, esto depende la alimentación y la distribución de alimento. Dando al embrión en desnutrición. Con Fase II con longitud total 15 cm, mientras los demás embriones tenían Fase III (21 – 28 cm). | 30 embriones por camada |

Tabla 10. Embrión *P. glauca*

13. DISCUSIÓN

Prionace glauca es una especie ampliamente distribuida en los océanos y juegan un papel crucial en los ecosistemas marinos. Examinar las anomalías en sus embriones puede proporcionar información valiosa sobre la salud y biología de la especie, así como posibles factores ambientales que podrían afectar su desarrollo. Se han informado varias anomalías morfológicas en tiburones, incluido el albinismo, bicefalia, diprosopía, deformidades en el esqueleto axial, momificación e incluso ciclopía. *Prionace glauca* es la especie de tiburón con el mayor número de anomalías registradas, documentadas por diferentes investigadores.

Keny Kanagusuku (2020) informa sobre el hallazgo de un embrión inusual de *P. glauca* en septiembre de 1995, capturado en Puerto Nuevo, Piura, Perú, que presentaba múltiples anomalías en la cabeza y el tronco. El embrión mostraba una cabeza con fosas nasales y aletas dorsal, pectoral, anal y caudal. Sin embargo, en la región cefálica se observaron estructuras duplicadas, incluidas dos bocas y tres cuencas oculares. Además, el esqueleto axial mostró torácica lordosis, con una curvatura exagerada de la columna vertebral en la zona lumbar, y el tronco estaba enrollado en forma de tornillo desde la aleta pélvica hasta la caudal.

La alta producción de embriones en la especie (Mancini et al., 2006), que puede variar de 28 a 54 embriones por camada, y hasta 135 embriones en casos excepcionales (Compagno, 1984; Castro et al., 1999), también se ha asociado con el desarrollo embrionario anormal debido a la reducción del útero. La degradación ambiental y la contaminación, incluidos los altos niveles de metales pesados como el mercurio (Hg), también han sido señalados como posibles factores que contribuyen a las anomalías morfológicas en los tiburones (Barrera-García et al., 2012; Rodríguez-Romero et al., 2018).

Además, en una investigación llevada a cabo por (Morphol, 2011), se identificó un ejemplar de tiburón azul siamés en las aguas costeras de Chile. Este espécimen fue recolectado durante operaciones de pesca en la región norte. El espécimen mostró una duplicación craneofacial con cuatro globos oculares y narinas, y las cavidades parciales orales convergían en una faringe única. Además, se observaron deformidades en la columna vertebral, incluyendo lordosis torácica y torsión helicoidal en la porción caudal. Para evaluar las correlaciones entre el desarrollo embrionario y los factores ambientales, se utilizó el índice de rendimiento corporal y el factor de condición de Fultón. Los datos

mostraron que la temperatura superficial del mar (TSM) afectaba a los embriones con una negativa, mientras que el Índice Hepatosomático (IHP) y el Oscilación del Sur (SOI) tenían correlaciones positivas, indicando que el factor de condición de los embriones variaba con estos factores. el estudio de anomalías morfológicas en tiburones, especialmente en la especie *Prionace glauca*, puede arrojar luz sobre su salud, biología y el estado de su entorno marino. Factores como la alta producción de embriones, la degradación ambiental y la contaminación podrían estar relacionados con estas anomalías, lo que destaca la importancia de la conservación marina para proteger a estas especies y su hábitat.

14. CONCLUSIÓN

La relación de talla y peso se concluyó que existe un 76.76% entre longitud total de embriones y el peso total observado, dando una regresión de tipo potencial, indica que al tener un mayor crecimiento en la longitud total va en aumento el peso del embrión. El rango de peso observado comprende desde 20 g a 80 g teniendo como media 50 g.

El modelo 5 las condicione de Fultón (F) más Índice de oscilación del sur (Niño) (SOI) más temperatura superficial del mar (TSM) más el índice hepatosomático (IHP) da un coeficiente de determinación de 27.27 %, al tener un mayor incremento en el coeficiente de determinación, mostrando que las variaciones en temperatura oceánica están alterando la composición de los individuos de los embriones *P. glauca* presentando una correlación positiva con (0.46).

La temperatura oceánica en relación al índice hepatosomático que muestra la carga energética el hígado de los ejemplares se manifestó de forma fluyente, debido a que si la tempera aumenta los niveles de cargas energéticas disminuyen esto se debe a que altera la composición del medio debilitando así a las hembras grávidas y la distribución de los nutrientes a los embriones. Durante todo el muestreo se observó la presencia de individuos con el factor de condición Fulton menor de 0.8 (2 hembras y un macho), que son considerandos individuos no viables para el desarrollo embrionario. Considerando que el factor de condición referencial para el óptimo desarrollo de los embriones es 1, se puede deducir que las medianas tanto para hembras como para machos se ubican próximas, pero por debajo del nivel óptimo.

Existe correlación entre la longitud total de hembras grávidas con el número de embriones por camas con correlación de Pearson es 0.86 cercano a 1, significando que existe una corrección baja. coeficiente ρ es positivo, existe una relación directa entre las variables.

15. RECOMENDACIONES

- Considerar un número mayor de hembras grávidas para obtener datos relevantes al momento de realizar los análisis estadísticos de embriones registrados.
- Pertinente manipulación de los especímenes recolectados del puerto, para evitar contaminantes o anomalías presentes en el medio.
- Correcta conservación en formol de los embriones que presente anomalías morfológicas con el fin de preservar su estructura de la mejor manera.
- Se recomienda realizar este estudio durante un periodo de tiempo prolongado para la efectividad y abundancia de los datos, con el único fin de establecer correctamente los factores de condición en relación a la tempera superficial del mar (TSM).

16. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Abad. (2014). *Índices de rendimiento corporal en morocoto *Piaractus rachypomus* cultivado en sistemas Biofloc*. Scielo. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692014000200003&lng=es&nrm=is
- Alisson. (2021). *Prionace glauca*. Sustentabilidad Oceana. Obtenido de https://web.facebook.com/soasv/posts/d41d8cd9/366147121765965/?_rdc=1&_rdr
- Apaza. (2022). *La Correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas*. Scielo. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v33n3/1609-9117-rivep-33-03-e22908.pdf>
- Bailón. (2023). *Análisis morfológico de los dentículos dérmicos en 5 especies de tiburones comercializados en el Puerto de Santa Rosa, Ecuador*. UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9629/1/UPSE-TBI-2023-0002.pdf>
- Bervejillo. (2015). *Esclerocronología del tiburón azul (*Prionace glauca*) Atlántico sudoccidental*. Universidad de la república Oriental del Uruguay facultad de ciencias. Universidad de la república Oriental del Uruguay facultad de ciencias. Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/uy24-17501.pdf>
- Boggs, & Bigelow. (2015). Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the Us North Pacific longline fishery, fish Oceanography. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2419.1999.00105.x>
- Briones, Pincay, Palma, & Romero. (2016). *Notes on the biology of the blue shark *Prionace glauca**. Scielo. Obtenido de https://www.google.com/search?q=sciELO&rlz=1C1CHBD_esEC1018EC1018&oq=sciELO&aqs=chrome.
- Cabrera. (2016). *Ocurrencia de una hembra preñada de tiburón mako *Isurus oxyrinchus* al noroeste de Cuba*. Scielo. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2016000100021
- Campana. (2010). *Un tercio de los tiburones oceánicos están amenazados de extinción*. UICN. Obtenido de <https://www.iucn.org/es/content/un-tercio-de-los-tiburones-oceanicosestan-amenazadosde-extincion>
- Carrera. (2004). *Biología reproductiva del *Prionace glauca* en la cosat Occidental de baja California Sur, Mexico*. CICIMAR. Obtenido de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/14392/1/carrera1.pdf>
- Correa. (2017). *Decreto N° 486 Expedir las normas para la regulación de la pesca*. Obtenido de Plan de acción nacional para la conservación y manejo de tiburones de Ecuador (PAT-EC): <https://cites.org/sites/default/files/common/com/ac/25/S25-17A2-EC.pdf>
- Dario. (2018). *Muestreo no probabilístico *Prionace glauca**. Obtenido de <https://Prionaceglaucaeconomica.com/muestreo-noprobabilistico/>

- Douglas. (2020). *Composición de la dieta del tiburón aguado Prionace glauca desembarcado en el puerto pesquero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena*. Repositorio UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5616/1/UPSE-RBM-2020-0027.pdf>
- Ecuador, G. d. (2023). *Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca*. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/>
- Efe. (2021). *El cambio climático afecta a la vitalidad y al tamaño de los tiburones*. Sídney verde. Obtenido de <https://efeverde.com/cambio-climatico-vitalidad-tamanotiburones/>
- Ferriera. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- Flores. (2021). *Aspectos biológicos del tiburón azul*. Ministerio de producción, comercio externo, inversiones y pesca. Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/Biologia%20Prionace%20glauca-1.pdf>
- Flores, & Tigrero. (2020). *Análisis de la conservación, biología y pesquería de tiburones registrado en Ecuador*. Ministerio de producción, comercio exterior y pesca. Obtenido de [file:///C:/Users/Hp/Downloads/InformeAn%3%A1lisDeLaConservaci%3%B3nBiolog%3%ADcaPesqueraDeTiburones-signed%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Hp/Downloads/InformeAn%3%A1lisDeLaConservaci%3%B3nBiolog%3%ADcaPesqueraDeTiburones-signed%20(1).pdf)
- Flores, & Tigrero. (2021). *Informe sobre el estado de situación del tiburón azul prionace glauca en Ecuador*. Ministerio producción, comercio externo, inversiones y pesca. Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/DOC-20220803-WA0033..pdf>
- Flores, & Tigrero. (2021). *Informe técnico científico sobre la abundancia relativa y zonificación de hembras grávidas capturadas en la flota palangera con espinel grueso de Ecuador 2008-2021*. Ministerio de producción, comercio exterior, invasiones y pesca. Obtenido de [file:///C:/Users/Hp/Downloads/Informe%20de%20abundancia%20de%20tiburones-signed-signed-signed\(1\).pdf](file:///C:/Users/Hp/Downloads/Informe%20de%20abundancia%20de%20tiburones-signed-signed-signed(1).pdf)
- Geographic, N. (2013). *Reproducción VI: Viviparismo placentario*. Tiburones. Obtenido de <https://tiburonesgalicia.blogspot.com/2013/12/reproduccion-vi-viviparismo-placentario.html>
- Gondo, Romero, & Ramírez. (2016). *Registro histórico de múltiples anomalías en un embrión de tiburón azul (Prionace glauca) en el mar peruano*. Instituto del Mar del Perú. Obtenido de file:///C:/Users/Hp/Downloads/Poster_VECC_Prionace_glaucaSRver.pdf
- Gonzabay. (2021). *Tiburones en Latinoamérica: tráfico, sobrepesca y esfuerzos para conservarlos*. MONGABAY. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2021/03/tiburones-en-latinoamerica-trafico-sobrepesca-y-esfuerzos-para-conservarlos/>
- González. (2018). *Evaluación de los desembarques de tiburones en el Puerto Pesquero Artesanal de Santa Rosa-Santa Elena*. Obtenido de UPSE: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6587/1/UPSE-TBM-2021-0005.pdf>
- Guerrero. (2005). *Pesquerías y análisis demográfico del Prionace glauca*. CICESE. Obtenido de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2715/1/167441.pdf>

- Guerrero. (2010). *Pesquerías y análisis demográfico del tiburón azul (Prionace glauca)*.
Obtenido de
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2715/1/167441.pdf>
- Higuero. (2022). *Documento informativo sobre el estado de situación del tiburón azul Prionace glauca en el Pacífico Sudeste*. Comisión permanente del Pacífico Sur. Obtenido de
<https://cites.org/sites/default/files/documents/E-CoP19-89-03-A-6.pdf>
- Hoyos. (2003). *El grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos*. Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de
<https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14735/1/hoyospa1.pdf>
- José. (2014). *Fecundidad y proporción sexual embrionaria del tiburón azul Prionace glauca*. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/275962134_Fecundidad_y_proporcion_sexual
- Leyton. (2015). *Estimación del factor de condición de Fulton (K)*. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia Biológicas. Obtenido de
<https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/99/99>
- Linné. (2014). *Prionace glauca (Linnaeus, 1758)*. Shark. Obtenido de <https://shark-references.com/species/view/Prionace-glauca>
- Mejía. (2011). *Guía para la identificación de especies de tiburones, rayas y quimeras de Colombia*. MADS. Obtenido de https://cites.org/sites/default/files/vc-files/files/guia_tiburones_rayas_quimeras.pdf
- Oceano. (2018). *El tiburón azul, un veloz viajero recorre los océanos del mundo*. Tiburón. Obtenido de <https://peru.oceana.org/blog/el-tiburon-azul-un-veloz-viajero-recorre-los-oceanos-del-mundo/>
- Pelejero. (2022). *La acidificación oceánica: tendencias, efectos y qué nos queda por aprender*. El océano. Obtenido de
https://digital.csic.es/bitstream/10261/255553/4/Pelejero_et_al_2022_cast.pdf
- Peréz. (2017). *Biología reproductiva del tiburón*. Instituto politécnico nacional centro interdisciplinario de ciencias marinas. Obtenido de
<file:///C:/Users/Hp/Downloads/bernalpe1.pdf>
- Pixabay. (2022). *¿Cómo se reproducen los tiburones?* Curiosidades . Obtenido de <https://www.publico.es/yo-animal/como-se-reproducen-los-tiburones/#:~:text=Tanto%20los%20tiburones%20viv%C3%ADparos%20como,nueve%20meses%20y%20un%20a%C3%B1o.>
- Ramírez. (2012). *Aspectos reproductivos del tiburón azul Prionace glauca capturado por la flota palangrera de mediana altura del Puerto de Manzanillo, Colima*. Ciencia Pesquera. Obtenido de
[https://inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP20/CP%2020-1%20\(4\)%20Cruz%20et%20al.pdf](https://inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP20/CP%2020-1%20(4)%20Cruz%20et%20al.pdf)
- S.N. (2018). *Los peces también migran por el clima*. CNP. Obtenido de
https://camaradepesqueria.ec/peces_migran_clima/

- Salgado. (2021). *El calentamiento de los océanos afecta al desarrollo embrionario de los tiburones*. Investigación y ciencia.
- Silvia. (2012). *Biología reproductiva del tiburón mamón pardo Mustelus henlei*. Instituto Politécnico nacional. Obtenido de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13253/1/silvasa1.pdf>
- Subsecretaría. (2023). Recursos pesqueros en tiburón. Obtenido de Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Interior, Inversiones y Pesca: <https://srp.produccion.gob.ec/>
- Vélez, & Carrera. (2014). *Fecundidad y proporción sexual embrionaria del tiburón azul Prionace glauca*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/PresentacindeEsmeraldasPrionaceglauca.pdf>
- Vélez, & Carrera. (2014). *Fecundidad y proporción sexual embrionaria del tiburón azul Prionace glauca*. (ResearchGate, Ed.) Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/275962134_Fecundidad_y_proporcion_sexual_embriionaria_del_tiburon_azul_Prionace_glauca_Linnaeus_1758_en_el_Pacifico_e_cuatoriano
- Vistalamar. (2021). *Las crías del tiburón en peligro por el aumento de la temperatura del mar*. Nuestro clima.

17. ANEXOS

Tabla 11. Información de la muestra recolectadas en recipientes plásticos.

| Datos de muestra | |
|----------------------|--|
| N° de muestra | |
| Fecha de recolección | |
| Longitud total (LT) | |
| Peso total (WT) | |
| Peso del hígado (WH) | |

Tabla 12. Hoja de registro de los datos obtenidos en la fase de campo

| N° de muestra | Fecha | MADRE (IDS) | SEXO | LT | LF | LP | WT | WH |
|---------------|-------|-------------|------|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |

Tabla 13. Hoja de registro de los datos obtenidos en la fase de laboratorio

| N° de muestra | Fecha | SEXO | LT | WT | WH | Mes | F | IHP | TSM | SOI |
|---------------|-------|------|----|----|----|-----|---|-----|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |

Tabla 14. Hoja de registro de embriones del campo

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | |
|----|----------|------------|------|----|------|------|-----|---------|---|------|-----|
| 1 | Fecha | MADRE (ID) | SEXO | LT | LF | LP | IDS | CLASPER | W | WHIG | |
| 2 | 4/6/2023 | 38 H | | 17 | 14 | 12,5 | 3 | | | 24 | 0,4 |
| 3 | 4/6/2023 | 38 M | | 17 | 14 | 12,5 | 3 | 0,4 | | 25 | 0,4 |
| 4 | 4/6/2023 | 38 H | | 17 | 14 | 12,5 | 3 | | | 21 | 0,3 |
| 5 | 4/6/2023 | 38 M | | 17 | 14 | 12,5 | 3 | 0,4 | | 21 | 0,3 |
| 6 | 4/6/2023 | 38 H | | 17 | 14 | 12,5 | 3 | | | 20 | 0,3 |
| 7 | 4/6/2023 | 38 M | | 18 | 14,5 | 13 | 3 | 0,4 | | 27 | 0,5 |
| 8 | 4/6/2023 | 38 H | | 18 | 15 | 13 | 3 | | | 24 | 0,5 |
| 9 | 4/6/2023 | 38 H | | 18 | 14,5 | 13 | 3 | | | 22 | 0,3 |
| 10 | 4/6/2023 | 38 H | | 18 | 15 | 13 | 3 | | | 27 | 0,5 |
| 11 | 4/6/2023 | 38 H | | 18 | 14,5 | 13 | 3 | 0,4 | | 27 | 0,5 |
| 12 | 4/6/2023 | 38 H | | 18 | 14,5 | 13 | 3 | 0,4 | | 27 | 0,5 |
| 13 | 4/6/2023 | 38 M | | 18 | 14,5 | 13 | 3 | 0,4 | | 31 | 0,5 |
| 14 | 4/6/2023 | 38 M | | 18 | 14,5 | 13 | 3 | 0,4 | | 26 | 0,5 |
| 15 | 4/6/2023 | 38 M | | 19 | 15,5 | 14 | 3 | 0,4 | | 26 | 0,5 |
| 16 | 4/6/2023 | 38 H | | 19 | 15 | 13,5 | 3 | | | 29 | 0,5 |
| 17 | 4/6/2023 | 38 M | | 19 | 15 | 14 | 3 | 0,4 | | 25 | 0,4 |
| 18 | 4/6/2023 | 38 M | | 19 | 15,5 | 14 | 3 | 0,4 | | 26 | 0,5 |
| 19 | 4/6/2023 | 38 M | | 19 | 17,5 | 14 | 3,2 | 0,4 | | 26 | 0,5 |
| 20 | 5/5/2023 | 38 H | | 19 | 15,5 | 13,5 | 6 | | | 23 | 0,5 |
| 21 | 4/6/2023 | 38 H | | 19 | 15,5 | 14 | 3 | | | 20 | 0,3 |
| 22 | 4/6/2023 | 38 H | | 19 | 15 | 13,5 | 3 | | | 30 | 0,5 |
| 23 | 4/6/2023 | 38 H | | 19 | 16 | 14 | 3,5 | | | 33 | 0,5 |

Tabla 15. Hoja de registro de embriones del laboratorio

| | W HIG | MES | F | IHP | TSM | SOI | | |
|----|-------|-------|-------------|-------------|-----|-----|-----|------|
| 24 | 0,4 | JUNIO | 1,065780871 | 1,666666667 | | 25 | 5 A | 0,02 |
| 25 | 0,4 | JUNIO | 1,110188407 | 1,6 | | 25 | 5 B | 2,48 |
| 21 | 0,3 | JUNIO | 0,932558262 | 1,428571429 | | 25 | 5 | |
| 21 | 0,3 | JUNIO | 0,932558262 | 1,428571429 | | 25 | 5 C | 100 |
| 20 | 0,3 | JUNIO | 0,888150726 | 1,5 | | 25 | 5 | |
| 27 | 0,5 | JUNIO | 1,040538026 | 1,851851852 | | 25 | 5 | |
| 24 | 0,5 | JUNIO | 0,92492269 | 2,083333333 | | 25 | 5 | |
| 22 | 0,3 | JUNIO | 0,847845799 | 1,363636364 | | 25 | 5 | |
| 27 | 0,5 | JUNIO | 1,040538026 | 1,851851852 | | 25 | 5 | |
| 27 | 0,5 | JUNIO | 1,040538026 | 1,851851852 | | 25 | 5 | |
| 27 | 0,5 | JUNIO | 1,040538026 | 1,851851852 | | 25 | 5 | |
| 31 | 0,5 | JUNIO | 1,194691807 | 1,612903226 | | 25 | 5 | |
| 26 | 0,5 | JUNIO | 1,00199958 | 1,923076923 | | 25 | 5 | |
| 26 | 0,5 | JUNIO | 0,876262895 | 1,923076923 | | 25 | 5 | |
| 29 | 0,5 | JUNIO | 0,977370152 | 1,724137931 | | 25 | 5 | |
| 25 | 0,4 | JUNIO | 0,842560476 | 1,6 | | 25 | 5 | |
| 26 | 0,5 | JUNIO | 0,876262895 | 1,923076923 | | 25 | 5 | |
| 26 | 0,5 | JUNIO | 0,876262895 | 1,923076923 | | 25 | 5 | |
| 23 | 0,5 | MAYO | 0,775155638 | 2,173913043 | | 28 | 5 | |
| 20 | 0,3 | JUNIO | 0,674048381 | 1,5 | | 25 | 5 | |
| 30 | 0,5 | JUNIO | 1,011072571 | 1,666666667 | | 25 | 5 | |
| 33 | 0,5 | JUNIO | 1,112179828 | 1,515151515 | | 25 | 5 | |

Tabla 16. Hoja de registro del factor de condición

| Grados de libertad | Suma de cuadrados | Medio de los cuadrados | F | Valor crítico de F | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------|--------------|--------------------|--------------|----------------|----------------|
| 1 | 26596,63142 | 26596,63142 | 559,9608563 | 7,9457E-56 | >0,05 | | |
| 171 | 8122,039105 | 47,49730471 | | | | | |
| 172 | 34718,67052 | | | | | | |
| Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
| -60,47294146 | 4,649991225 | -13,00495819 | 2,50991E-27 | -69,65171703 | -51,2941659 | -69,651717 | -51,2941659 |
| 4,718089018 | 0,199382619 | 23,66349206 | 7,9457E-56 | 4,324520897 | 5,11165714 | 4,3245209 | 5,11165714 |
| Resultados de datos de probabilidad | | | | | | | |
| Pronóstico para Y | Residuos | Residuos estándares | Percentil | | Y | | |
| 19,73457184 | 4,265428157 | 0,620717968 | 0,289017341 | | 20 | | |
| 19,73457184 | 5,265428157 | 0,766240983 | 0,867052023 | | 20 | | |
| 19,73457184 | 1,265428157 | 0,184148921 | 1,445086705 | | 21 | | |
| 19,73457184 | 1,265428157 | 0,184148921 | 2,023121387 | | 21 | | |
| 19,73457184 | 1,265428157 | 0,184148921 | 2,023121387 | | 21 | | |
| 19,73457184 | 0,265428157 | 0,038625906 | 2,601156069 | | 22 | | |

Tabla 17. Hoja de registro de residuo del embrión *P. glauca*

| Residuos | Residuos estándares | Percentil | Y |
|-------------|---------------------|-------------|----|
| 4,26542816 | 0,62071797 | 0,289017341 | 20 |
| 5,26542816 | 0,76624098 | 0,867052023 | 20 |
| 1,26542816 | 0,18414892 | 1,445086705 | 21 |
| 1,26542816 | 0,18414892 | 2,023121387 | 21 |
| 0,26542816 | 0,03862591 | 2,601156069 | 22 |
| 2,54733914 | 0,37069647 | 3,179190751 | 23 |
| -0,45266086 | -0,06587257 | 3,757225434 | 24 |
| -2,45266086 | -0,3569186 | 4,335260116 | 24 |
| 2,54733914 | 0,37069647 | 4,913294798 | 24 |
| 2,54733914 | 0,37069647 | 5,49132948 | 25 |
| 2,54733914 | 0,37069647 | 6,069364162 | 25 |
| 6,54733914 | 0,95278853 | 6,647398844 | 26 |
| 1,54733914 | 0,22517346 | 7,225433526 | 26 |
| -3,17074988 | -0,46141708 | 7,803468208 | 26 |
| -0,17074988 | -0,02484804 | 8,38150289 | 26 |
| -4,17074988 | -0,6069401 | 8,959537572 | 26 |
| -3,17074988 | -0,46141708 | 9,537572254 | 27 |
| -3,17074988 | -0,46141708 | 10,11560694 | 27 |
| -6,17074988 | -0,89798613 | 10,69364162 | 27 |
| -9,17074988 | -1,33455518 | 11,2716763 | 27 |

Figura 23. Puerto Pesquero de Santa Rosa



Figura 24. Análisis de tallas embrionarias en el laboratorio UPSE



Figura 25. Monitoreo del *Prionace glauca* (Tiburón azul)



Figura 26. Monitoreo en las hembras grávidas



Figura 27. Desembarque del Tiburón *P. glauca*

