



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

**“Caracterización biológica de *Scomber***

***japonicus* (Macarela del Pacífico) desembarcada en el sector  
pesquero La Caleta del Cantón La Libertad, Santa Elena, Ecuador”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO**

**AUTOR**

**REYES SUÁREZ JOSÉ DAVID**

**DOCENTE TUTOR**

**BLGO. DOUGLAS VERA IZURIETA, M.Sc.**

**LA LIBERTAD-ECUADOR**

**2026**

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

**“Caracterización biológica de *Scomber japonicus* (macarela del pacífico) desembarcada en el sector pesquero la caleta del cantón La Libertad - Santa Elena, Ecuador”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO**

**AUTOR**

**REYES SUÁREZ JOSÉ DAVID**

**DOCENTE TUTOR**

**BLGO. DOUGLAS VERA IZURIETA, M. Sc.**

**LA LIBERTAD-ECUADOR**

**2026**

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular “**Caracterización biológica de *Scomber japonicus* (Macarela del Pacífico) desembarcada en el sector pesquero la caleta del cantón La Libertad - Santa Elena, Ecuador**”, elaborado por **REYES SUÁREZ JOSÉ DAVID**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente

  
Blgo. Douglas Vera Izurieta. M. Sc.


**DOCENTE TUTOR**

C.I: 2000040903

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “**Caracterización biológica de *Scomber japonicus* (Macarela del Pacífico) desembarcada en el sector pesquero la caleta del cantón La Libertad - Santa Elena, Ecuador**”, elaborado por **REYES SUÁREZ JOSÉ DAVID**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. Verónica Vera Vera, Ph. D.

**DOCENTE DE ÁREA**

**C.I. 0919712157**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiar mis pasos con sabiduría y darme la fuerza necesaria para superar cada desafío. Por ser refugio en los momentos difíciles y motivo de gratitud en cada logro alcanzado.

A mis padres Reyes Suárez José Gavino y Suárez Borbor Mariana de Jesús por su amor incondicional, su paciencia y su fe en mí incluso cuando yo dudaba. Gracias por cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada enseñanza que me impulsó a llegar hasta aquí. Este logro también es suyo.

*Reyes Suárez José David*

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la **Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)** por brindarme la formación académica, los recursos y el espacio necesario para desarrollarme como profesional. Esta institución ha sido el pilar que me permitió construir conocimiento con responsabilidad y compromiso científico.

A mi tutor, Blgo. Douglas Vera Izurieta, M. Sc, por su guía, paciencia y dedicación durante este proceso. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación, y cada consejo aportado dejó una huella significativa en mi formación.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, aportaron a la culminación de este trabajo: docentes, compañeros, pescadores del sector La Caleta y a todos quienes compartieron su conocimiento, tiempo y colaboración. Cada gesto de ayuda sumó a este logro que ahora comparto con orgullo y gratitud.

*Reyes Suárez José David*

## TRIBUNAL DE GRADO

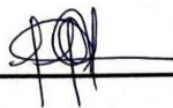
Trabajo de Integración Curricular presentado por **REYES SUÁREZ JOSÉ DAVID** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: jueves 11 de diciembre del 2025.



---

Ing. Jimmy Villón Moreno, M. Sc.  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Verónica Vera Vera, Ph. D.  
**PROFESOR DE ÁREA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Blgo. Douglas Vera Izurieta, M. Sc.  
**DOCENTE TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Blgo. Richard Duque Marin, Mgt.  
**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgr.  
**SECRETARIO DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Reyes Suárez José David**, declaro bajo juramento que el contenido del presente Trabajo de Integración Curricular: “Caracterización biológica de *Scomber japonicus* (macarela del pacífico) desembarcada en el sector pesquero la caleta del cantón La Libertad - Santa Elena, Ecuador”, es de mi exclusiva autoría.

Del mismo modo, reconozco que el patrimonio intelectual de este trabajo le corresponde a la **Universidad Estatal península de Santa Elena (UPSE)**, de conformidad con la normativa institucional vigente.



---

**José David Reyes Suárez**  
**C.I. 0928078278**

# ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN.....   | 1  |
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 3  |
| 2. PROBLEMÁTICA.....   | 5  |
| 3. JUSTIFICACIÓN .....   | 6  |
| 4. OBJETIVOS .....   | 8  |
| 4.1 OBJETIVO GENERAL.....  | 8  |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 8  |
| 5. HIPÓTESIS .....   | 9  |
| 6. MARCO TEÓRICO.....  | 10 |
| 6.1. Generalidades de <i>Scomber japonicus</i> .....                                     | 10 |
| 6.1.1 Clasificación Taxonómica .....   | 10 |
| 6.1.2 Características morfológicas externa .....   | 11 |
| 6.1.3 Características morfológicas internas.....   | 11 |
| 6.1.4 Distribución geográfica .....  | 12 |
| 6.1.5 Ecología.....  | 13 |
| 6.1.6 Alimentación.....  | 13 |
| 6.2 Parámetros de crecimiento.....   | 13 |
| 6.2.1 Relación talla-peso en peces.....  | 13 |
| 6.2.2 Factores que influyen en la relación talla-peso.....                               | 14 |
| 6.3 Estimación de edad y estructura poblacional.....                                     | 15 |
| 6.3.1 Estructura calcáreas: Otolitos sagitta .....                                       | 15 |
| 6.3.2 Características morfológicas de otolitos sagitta de <i>Scomber japonicus</i> ..... | 16 |
| 6.3.3 Formación e interpretación de anillos en otolitos sagitta .....                    | 17 |

|   |    |
|---|----|
| 6.4 Biología reproductiva .....   | 18 |
| 6.4.1 Fecundidad y desarrollo .....   | 18 |
| 6.4.2 Principios biológicos de las escalas de madurez sexual en peces ..... | 19 |
| 6.4.3 Descripción de etapas de madurez gonadal .....                        | 19 |
| 6.5 Pesquería de la macarela en el Ecuador .....                            | 21 |
| 6.5.1 Arte de pesca .....   | 21 |
| 6.5.2 Zonas de pesca: Golfo de Guayaquil y Puntilla de Santa Elena .....    | 21 |
| 6.5.3 Desembarques y tendencias temporales .....                            | 22 |
| 6.5.4 Importancia ecológica y económica .....                               | 23 |
| 7. METODOLOGÍA .....  | 24 |
| 7.1 Área de estudio .....   | 24 |
| 7.2 Metodología de campo .....  | 25 |
| 7.2.1 Periodo y frecuencia de muestreos .....                               | 25 |
| 7.2.2 Recolección de muestras biológicas .....                              | 25 |
| 7.2.3 Identificación de la especie .....                                    | 26 |
| 7.3 Procedimientos en el laboratorio .....                                  | 26 |
| 7.3.1 Medición morfometría .....  | 26 |
| 7.3.2 Extracción, preparación de otolitos sagitta .....                     | 27 |
| 7.3.2.1 Observación de muestras .....                                       | 27 |
| 7.3.3 Extracción y observación de gónadas .....                             | 28 |
| 7.4 Análisis estadísticos .....   | 29 |
| 7.4.1 Cálculo de relación talla-peso .....                                  | 30 |
| 7.4.3 Clasificación y análisis del estado de madurez sexual .....           | 31 |
| 7.4.4 Criterios biológicos de evaluación de captura .....                   | 31 |
| 7.4.5 Validación de hipótesis .....   | 32 |
| 8. RESULTADOS .....   | 33 |
| 8.1 Determinación del patrón de crecimiento .....                           | 33 |
| 8.2 Descripción de la composición demográfica .....                         | 36 |
| 8.3 Identificación de etapas de desarrollo reproductivo .....               | 42 |

|   |    |
|---|----|
| 8.4 Evaluación de condiciones biológicas de captura ..... | 52 |
| 9. DISCUSIÓN .....  | 54 |
| 10. CONCLUSIONES .....                                    | 57 |
| 11. RECOMENDACIONES.....                                  | 58 |
| 12. BIBLIOGRAFÍA.....                                     | 59 |
| 13. ANEXOS .....  | 64 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | Págs.                               |
|--|-------------------------------------|
| <i>Tabla 1. Escala de madurez gonadal para peces pelágicos pequeños (Arriaga 1983) ..</i>                                      | 28                                  |
| <i>Tabla 2. Modelo de regresión logarítmica .....</i>  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <i>Tabla 3. Coeficientes del modelo de regresión logarítmica</i> <b>Error! Bookmark not defined.</b>                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <i>Tabla 4. Prueba de normalidad de los residuales (Shapiro–Wilk)</i> <b>Error! Bookmark not defined.</b>                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <i>Tabla 5. Grupos de edad y datos estadísticos descriptivos de la longitud total de <i>Scomber japonicus</i>. .....</i>       | 39                                  |
| <i>Tabla 6. Prueba Kruskal–Wallis para comparar la longitud entre grupos de edad de <i>Scomber japonicus</i>. .....</i>        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <i>Tabla 7. Características macroscópicas de los estadios de madurez gonadal en <i>Scomber japonicus</i> en hembras. ....</i>  | 42                                  |
| <i>Tabla 8. Características macroscópicas de los estadios de madurez gonadal en <i>Scomber japonicus</i> en machos. ....</i>   | 45                                  |
| <i>Tabla 9. Distribución porcentual mensual de estadios de madurez sexual de <i>Scomber japonicus</i>. ....</i>                | 47                                  |
| <i>Tabla 10. Frecuencia y porcentaje por estadio de madurez gonadal según mes de captura en <i>Scomber japonicus</i> .....</i> | 49                                  |
| <i>Tabla 11. Prueba Chi cuadrado.....</i>  | 50                                  |
| <i>Tabla 12. Frecuencia de la población general estudiada de <i>Scomber japonicus</i> .....</i>                                | 51                                  |

## ÍNDICE DE FIGURA

|  | Págs.                               |
|--|-------------------------------------|
| <b>Figura 1.</b> Macarela del pacífico ( <i>Scomber japonicus</i> ) .....  | 10                                  |
| <b>Figura 2.</b> Área de distribución total de <i>Scomber japonicus</i> .....  | 12                                  |
| <b>Figura 3.</b> Otolitos derecho e izquierdo de la especie <i>Scomber japonicus</i> , Houttuyn, 1782<br>“Macarela” .....    | 16                                  |
| <b>Figura 4.</b> Área de estudio. ....   | 24                                  |
| <b>Figura 5.</b> Dispersión Log L - Log P .....  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>Figura 6.</b> Otolito sagitta de <i>Scomber japonicus</i> : edad estimada 0 años. ....                                    | 36                                  |
| <b>Figura 7.</b> Otolito sagitta de <i>Scomber japonicus</i> : edad estimada 1 años. ....                                    | 37                                  |
| <b>Figura 8.</b> Otolito sagitta de <i>Scomber japonicus</i> : edad estimada 2 años. ....                                    | 37                                  |
| <b>Figura 9.</b> Otolito sagitta de <i>Scomber japonicus</i> : edad estimada 3 años. ....                                    | 37                                  |
| <b>Figura 10.</b> Otolito sagitta de <i>Scomber japonicus</i> : edad estimada 4 años. ....                                   | 38                                  |
| <b>Figura 11.</b> Otolito sagitta de <i>Scomber japonicus</i> : edad estimada 5 años. ....                                   | 39                                  |
| <b>Figura 12.</b> Distribución porcentual de frecuencias por grupo de edad de <i>Scomber japonicus</i> .....                 | 40                                  |
| <b>Figura 13.</b> Longitud media ( $\pm$ DE) por edad. ....  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>Figura 14.</b> Línea temporal de evolución porcentual de estadios de madurez gonadal de<br><i>Scomber japonicus</i> ..... | 48                                  |
| <b>Figura 15.</b> Variación temporal por estadio gonadal .....   | 50                                  |

**Figura 16.** Grafica de barras de Frecuencia total de machos y hembras de *Scomber japonicus* por estadio gonadal. .... 51

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Sector pesquero La Caleta, Cantón La Libertad ..... 64

Anexo 2. Medición del peso de ejemplares de *Scomber japonicus* ..... 64

Anexo 3. Extracción de gónadas de ejemplares de *Scomber japonicus* ..... 65

Anexo 4. Corte dorsal en la parte superior del cráneo para extracción de otolitos sagitta. .... 65

Anexo 5. Gónadas y otolitos sagitta extraídos de macarelas correspondiente a una jornada de muestreo..... 66

## GLOSARIO

**Alometría:** Relación proporcional desigual en el crecimiento de un organismo, donde una parte crece más rápido que otra.

**Anillos de crecimiento:** Marcas alternadas opacas y hialinas formadas en los otolitos que permiten estimar la edad de los peces.

**Aparato vestibular:** Estructura sensorial en peces responsable del equilibrio y orientación espacial, donde se encuentran los otolitos.

**Cohorte:** Grupo de organismos nacidos en un mismo periodo o año, pertenecientes a la misma clase de edad.

**Ictiómetro:** Herramienta de medición utilizada para registrar la longitud de los peces.

**Otolito:** Estructura calcárea localizada en el oído interno de los peces teleósteos que permite determinar edad, equilibrio y orientación.

**Talla de primera madurez:** Longitud a la cual un organismo alcanza por primera vez el estado reproductivo funcional.

**Teleósteos:** Grupo de peces óseos que representan la mayoría de las especies marinas y de agua dulce.

**Zona hialina:** Banda clara en el otolito formada en periodos de crecimiento lento, usualmente en épocas frías o de baja disponibilidad de alimento.

**Zona opaca:** Banda oscura en el otolito formada en periodos de crecimiento rápido, generalmente en épocas cálidas y con mayor alimento.

## **ABREVIATURAS**

**FAO:** Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**IPIAP:** Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.

**INP:** Instituto Nacional de Pesca

**R<sup>2</sup>:** Coeficiente de determinación

**cm:** Centímetros

**g:** Gramos

**LT:** Longitud Total

**PT:** Peso Total

**DE:** Desviación Estándar

**Caracterización biológica de *Scomber japonicus* (Macarela del Pacífico)  
desembarcada en el sector pesquero La Caleta del Cantón La Libertad  
- Santa Elena, Ecuador**

**Autor:** José David Reyes Suárez

**Tutor:** Blgo. Douglas Vera Izurieta, M.Sc.

**RESUMEN**

El presente estudio caracterizó biológicamente a *Scomber japonicus* (macarela del Pacífico) desembarcada en el sector pesquero La Caleta, cantón La Libertad, Santa Elena, durante julio a octubre de 2025. Se analizaron 256 ejemplares para determinar la relación talla-peso, estimar la edad mediante otolitos sagitta y evaluar el estado de madurez gonadal. La regresión logarítmica mostró un ajuste significativo ( $R^2 = 0,925$ ) y un exponente de crecimiento  $b = 3,100$ , indicando crecimiento alométrico positivo. La estructura poblacional estuvo dominada por individuos de 2 y 3 años (58,2 %), mientras que el 80,86 % de los organismos presentó estadios reproductivos maduros (III, IV, V e II-R), con un pico de desove en agosto. Además, el 77,34 % superó la talla de primera madurez (25,3 cm), sugiriendo que la captura se realizó mayormente sobre individuos biológicamente aptos. Estos resultados evidencian un crecimiento estable, alta proporción de adultos reproductivos y un patrón de explotación compatible con la sostenibilidad del recurso durante el periodo evaluado.

**Palabras clave:** *Alometría, evaluación de stock, madurez gonadal, otolitos, parámetros poblacionales, pesquerías artesanales.*

# **Biological characterization of *Scomber japonicus* (Pacific mackerel) landed in the fishing of La Caleta sector, La Libertad Canton - Santa Elena, Ecuador**

**Autor:** José David Reyes Suárez

**Tutor:** Blgo. Douglas Vera Izurieta, M. Sc

## **ABSTRACT**

The present study biologically characterized *Scomber japonicus* (Pacific mackerel) landed in the La Caleta fishing sector, La Libertad canton, Santa Elena, during July to October 2025. A total of 256 specimens were analyzed to determine the length–weight relationship, estimate age through sagittal otolith readings, and assess gonadal maturity. The logarithmic regression showed a significant fit ( $R^2 = 0.925$ ) and a growth exponent  $b = 3.100$ , indicating positive allometric growth. Two- and three-year-old individuals (58.2 %) dominated the population structure, while 80.86 % of the organisms exhibited mature reproductive stages (III, IV, V, and II-R), with a spawning peak in August. Additionally, 77.34 % exceeded the length at first maturity (25.3 cm), suggesting that the catch was mostly composed of biologically suitable individuals. These results demonstrate stable growth, a high proportion of reproductive adults, and an exploitation pattern compatible with the sustainable use of the resource during the evaluated period.

**Keywords:** *Allometry, stock assessment, gonadal maturity, otoliths, population parameters, artisanal fisheries.*

# 1. INTRODUCCIÓN

La pesca es una actividad fundamental para la seguridad alimentaria global y el desarrollo socioeconómico de numerosas comunidades costeras alrededor del mundo. Se estima que millones de toneladas de recursos marinos son extraídos anualmente, siendo las pesquerías pelágicas menores de gran importancia para la industria conservera y el consumo humano directo. El Pacífico Sudoriental, es reconocido como una de las zonas pesqueras más productivas a nivel mundial, se caracteriza por una marcada variabilidad climática que incide directamente en sus niveles de recursos marinos (FAO, 2022).

Una de las especies pelágicas más explotadas a nivel global es la macarela (*Scomber japonicus*), la cual presenta una amplia distribución y es de alta importancia comercial. Particularmente en el Ecuador, constituye a uno de los 5 recursos que contribuyen significativamente a la economía y a la dieta de la población local, sustentando flotas de pesca industrial y artesanal (Baez, 2017).

Se estima que el 77% de la biomasa de los recursos pelágicos pequeños se ubican en el Golfo de Guayaquil y la puntilla de Santa Elena, una zona donde además se concentra su captura. Se encuentran disponibles en las áreas de operación de la flota cerquera-costera, teniendo como zonas de desembarques Chanduy, Anconcito, La Libertad y Salango (IPIAP, Crucero de prospección hidroacústica y pesca comprobatoria con barcos pesqueros comerciales, 2021).

En las últimas dos décadas, las pesquerías neríticas más importantes de Ecuador han estado dominadas por varias especies de peces pelágicos, entre las que destacan la pinchagua (*Opisthonema spp.*), el chuhueco (*Cetengraulis mysticetus*), la macarela (*Scomber japonicus peruanus*), la sardina del sur (*Sardinops sagax sagax*) y la sardina redonda (*Etrumeus teres*) (Álvaro Romero, 2018).

Entre estas, la macarela (*Scomber japonicus*) destaca por su papel ecológico en el ecosistema marino y también en el ámbito comercial, un número considerable está dirigido a elaboración de productos alimenticios, para exportación, siendo así un recurso importante para todo el país, así mismo es una especie importante dentro de ecosistemas marinos, formando parte de la cadena trófica, tanto en niveles inferiores como superiores. Sin embargo, la presión pesquera y las variaciones ambientales pueden afectar su dinámica poblacional, crecimiento y reproducción, aspectos fundamentales para su manejo sostenible (Gilbert, G, & Tania, 2016).

Según (Collete & Nauen, 1983), la macarela puede alcanzar una longitud máxima total de 64,0, estableciendo que la talla promedio suele alcanzar los 30,0 cm, en cuanto al peso máximo publicado es de 2,9 kg; edad máxima reportada fue de 18 años (Castro, JJ, & AT, 2000). Al ser una especie que se va presentado cambios constantemente consecuencia a la interacción de factores ambientales, presión pesquera y procesos biológicos naturales.

## 2. PROBLEMÁTICA

La macarela del Pacífico (*Scomber japonicus*) es una especie pelágica de gran relevancia económica y ecológica en el sector pesquero “La Caleta” de la Libertad, Santa Elena, Ecuador, donde constituye un recurso clave para la subsistencia de las comunidades locales y comercialización de productos pesqueros. Si bien su captura es frecuente durante gran parte del año, no se cuenta con una caracterización biológica detallada de los ejemplares que se desembarcan durante periodos específicos, la mayoría de información datan de décadas anteriores, o son estudios realizados en otro territorio, dificultando la gestión tanto técnica como normativas ajustadas a las condiciones ambientales.

La falta de registros continuos sobre tallas, pesos, proporción sexual, estado gonadal y edades limita la comprensión de su ciclo biológico y su dinámica poblacional dificultando establecer tallas mínimas de capturas, periodos de vedas y estrategias para su manejo sostenible. A esto se suma la presión pesquera creciente y las variaciones de las condiciones ambientales, alterando directamente a estos patrones biológicos que podría estar en un constante cambio durante pasen los años y que podrían estar pasando de desapercibido, afectando a la sostenibilidad recurso y de manera directa a la economía. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo investigaciones que caractericen biológicamente a la macarela que se desembarca en esta área. Esto proporcionará información científica valiosa que servirá como base para una gestión responsable del recurso y la conservación de los ecosistemas marinos costeros en la provincia. ¿La captura de *Scomber japonicus* en La Caleta se realiza en condiciones biológicas adecuadas?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El estudio de la caracterización biológica de *Scomber japonicus* desembarcada en el sector pesquero La Caleta, cantón La Libertad, es fundamental tanto desde el punto de vista biológico como ecológico y metodológico. Esta especie constituye uno de los recursos pelágicos pequeños más importantes para la pesca artesanal del área, desempeñando un papel clave en la dieta local y en la economía de las comunidades costeras. Su relevancia también se extiende al ecosistema marino, donde actúa como especie forrajera dentro de cadenas tróficas que sostienen a depredadores de niveles superiores.

Desde una perspectiva biológica, la caracterización de parámetros como el patrón de crecimiento, la estructura de edades y el estado de madurez sexual permite comprender la condición del stock explotado. Estos indicadores son esenciales para evaluar si los individuos capturados han alcanzado la talla y edad de primera madurez, lo cual determina la sostenibilidad de la pesquería y la capacidad de la población para mantener un reclutamiento adecuado.

Desde una perspectiva ecológica, la variabilidad ambiental asociada a cambios oceanográficos, como el afloramiento costero o eventos interanuales tipo El Niño, puede influir en la distribución, crecimiento y reproducción de *S. japonicus*. Contar con información actualizada sobre la población local permite detectar posibles alteraciones en su dinámica, contribuyendo a anticipar cambios en la disponibilidad del recurso.

En el ámbito metodológico y de gestión pesquera, este estudio aporta una base técnica sólida mediante el uso de herramientas ampliamente aceptadas en la biología pesquera,

como la relación talla-peso, la lectura de otolitos sagitta y la clasificación morfocromática de gónadas. La aplicación de estas metodologías permite generar indicadores robustos que son imprescindibles para la toma de decisiones, como establecer tallas mínimas de captura, identificar periodos reproductivos críticos o implementar medidas precautorias.

Aunque este estudio se desarrolló en un periodo de cuatro meses, su aporte radica en proveer una primera aproximación actualizada del estado biológico de la macarela en La Caleta, un área de alta actividad pesquera. La información generada constituye una referencia necesaria para fortalecer el manejo del recurso, promover prácticas de pesca responsables y aportar conocimiento científico local sobre una especie de interés económico y ecológico para el país.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir las características biológicas de los ejemplares de *Scomber japonicus* mediante el análisis del patrón de crecimiento, la estimación de edad y la evaluación del estado de madurez sexual identificando si presentan condiciones adecuadas para su captura.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer la relación talla-peso mediante mediciones morfométricas de los organismos muestreados.
- Determinar la edad por medio del análisis de la estructura de otolitos sagitta describiendo la composición demográfica.
- Evaluar el estado de madurez sexual, por medio de inspección macroscópica de gónadas reconociendo las etapas de desarrollo reproductivo.

## 5. HIPÓTESIS

### **HIPÓTESIS NULA (H<sub>0</sub>):**

Los ejemplares de *Scomber japonicus* capturados en el sector pesquero La Caleta no presentan características biológicas compatibles con condiciones adecuadas de captura

### **Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>):**

Los ejemplares de *Scomber japonicus* capturados en el sector pesquero La Caleta **presentan características biológicas compatibles** con condiciones adecuadas de captura.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Generalidades de *Scomber japonicus*

#### 6.1.1 Clasificación Taxonómica

*Reino: Animalia*

*Filo: Chordata*

*Clase: Actinopterygii*

*Orden: Perciformes*

*Familia: Scombridae*

*Subfamilia: Scombrinae*

*Tribu: Scombrini*

*Género: Scomber*

*Especie: japonicus*

#### **Figura 1**

Macarela del pacífico (*Scomber japonicus*)



**Nota:** Imagen representativa de una Macarela del Pacífico. Fuente: (FishWatch, 2012).

En la subfamilia *Scombrinae*, encontramos dos grupos cada uno compuesto por dos tribus. El primer grupo conformado por las tribus *Sardini* y *Niunnini*, el segundo grupo considerado el más primitivo compuesto por las tribus *Scombrini* y *Scomberomini*. Dentro de la tribu *Scombrini*, Nespereira (1992), destacó la existencia de dos géneros de caballas, el *Rastrelliger* y *Scomber*; en esta última se registraron tres especies; *Scomber japonicus*, *Scomber linnaeus* y *Scomber australasicus*.

### **6.1.2 Características morfológicas externa**

La especie *Scomber japonicus* posee un cuerpo alargado redondeado, con escamas pequeñas su cabeza es relativamente pequeña. La boca es ancha y los dientes de los adultos son delgados, sus ojos son grandes, el color de su zona dorsal es de color verde pálido resaltando unas franjas onduladas que van en zigzag. Su vientre no posee marcas en comparación con la especie que se distribuye en la zona del Atlántico. En cuanto a las espinas dorsales tiene de 9 a 11, de 11-12 radios blando-dorsales, 1 espina anal, 12-14 radios blandos anales y 31 vértebras (Castro, JJ, & AT, 2000).

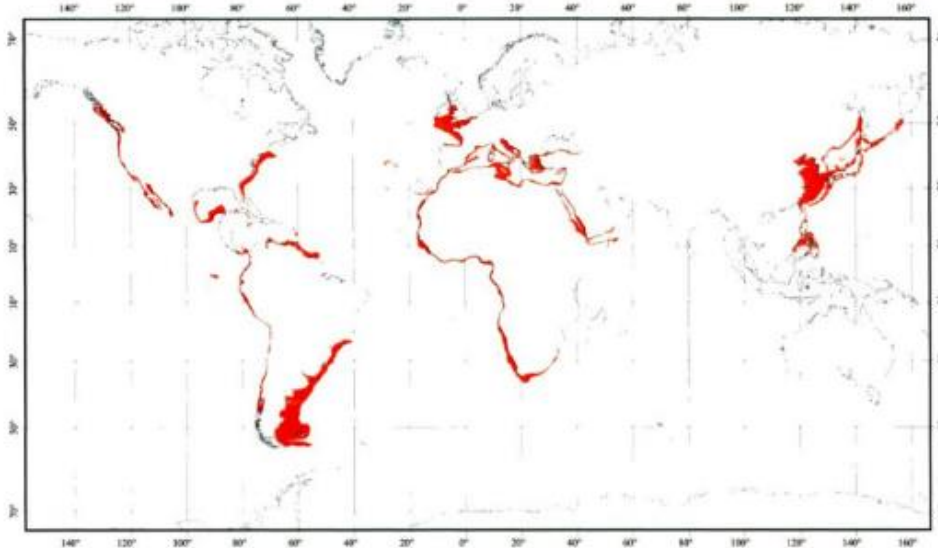
### **6.1.3 Características morfológicas internas**

Posee dos pares de parches de dientes afilados ubicados en la zona dorsal de la faringe y un par de forma triangular en la pared ventral, el esófago es corto, el estómago tiene aspecto cónico y largo. El píloro del estómago está rodeado con numerosos apéndices pilóricos, con vejiga natatoria. El intestino está plegado en forma de “N”, mide 1/2 del cuerpo de longitud en larvas, creciendo a una longitud de cuerpo completo en peces de más de 10 cm. (Castro, JJ, & AT, 2000).

### 6.1.4 Distribución geográfica

**Figura 2.**

Área de distribución total de *Scomber japonicus*



**Nota:** Mapa extraído de Crecimiento de la caballa *Scomber japonicus* (houuttuyn, 1782) en aguas del archipiélago canario. Fuente: (Castro, JJ, & AT, 2000).

*S. japonicus* habita en aguas cálidas y templadas. En el Océano Pacífico nororiental esta especie se distribuye desde el sudeste de Alaska hasta Bahía Banderas, México y en el Golfo de California hasta Puerto Peñasco (Nespereira, 1992).

En el Pacífico suroriental se extiende desde Panamá hasta Chile, incluyendo las Islas Galápagos. Tiene una distribución costera en el Ecuador, presentando mayores concentraciones en la zonas norte y noroeste del Golfo de Guayaquil (Gilbert, G, & Tania, 2016).

### **6.1.5 Ecología**

Tiene hábitos pelágicos-costeros, distribuyéndose desde la superficie hasta 300 m de profundidad, es una especie gregaria y realiza migraciones estacionales para reproducirse, alimentarse e invernar, formando bancos desde los 3 cm de talla y estas suelen desarrollarse en cardúmenes por clases de talla (Nespereira, 1992).

Llega a formar cardúmenes en asociación con el bonito chileno *Sarda chilliensis*, el jurel del Pacífico *Trachurus symmetricus* o la sardina de California *Sardinops sagax* (AquaPortail, 2025).

### **6.1.6 Alimentación**

Esta especie es conocida por ser depredadora oportunista. Su dieta se basa en consumir fitoplancton como diatomeas, zooplancton entre ellas los copépodos, crustáceos, huevos y larvas de peces, anchovetas y calamares pequeños. Los adultos pueden incluir en su alimentación todo tipo de crustáceos, peces y cefalópodos (FishBase, 2024).

## **6.2 Parámetros de crecimiento**

### **6.2.1 Relación talla-peso en peces**

La relación entre la longitud-peso en peces es una herramienta estadística valiosa en estudios de muestreos, datos utilizados para poder estimar las tasas de crecimiento, las estructuras de longitud y edad entre otros componentes de la dinámica de las poblaciones de diversas especies. Estos datos son fundamentales para realizar modelos que estimen la

biomasa a partir distribuciones de frecuencias de tallas y para evaluar el estado físico del pez. Además, esta relación facilita la comparación de características morfológicas y patrones de vida entre poblaciones de diferentes zonas geográficas (Cruz., 2023).

Todo esto basado en censos visuales y/u observaciones remotas, determinación del “bienestar” individual y parámetros poblacionales como la mortalidad, así como, en modelos de evaluación de stock (Coello & Herrera, 2022).

La ecuación general utilizada para describir el patrón de crecimiento somático y evaluar la condición corporal de los peces es:  $W = aL^b$ , esta relación se basa en el principio de alometría, que establece cómo una variable biológica (peso) cambia de manera proporcional respecto a otra (longitud). Esta ecuación se fundamenta en principios morfométricos ampliamente utilizados en estudios de dinámica poblacional, evaluación de stocks y comparación de poblaciones.

### **6.2.2 Factores que influyen en la relación talla-peso**

Los peces están expuestos a factores ambientales y biológicas que influyen directamente sobre la relación longitud-peso, entre las condiciones ambientales tenemos la temperatura y calidad del agua incluyendo parámetros como los niveles de oxígeno, la salinidad incluso la turbidez, que afectan directamente al metabolismo y por ende el crecimiento.

Entre los factores biológicos, la edad y el ciclo reproductivo también afecta a esta relación debido al desarrollo gonadal y a medida que envejecen este patrón va variando. Por otro lado, la disponibilidad del alimento ya sea insuficiente o ineficiente también influye en la proporción del organismo (Velásquez, 2024).

## **6.3 Estimación de edad y estructura poblacional**

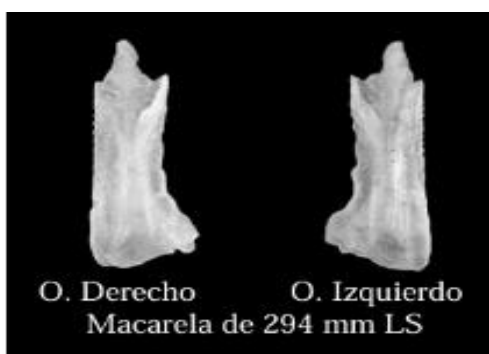
### **6.3.1 Estructura calcáreas: Otolitos sagitta**

Los otolitos son estructuras policristalinas, presentes en el oído interno de los peces (aparato vestibular), en tres vesículas específicas: el utrículo, lagena y sáculo, la mayoría de las especies poseen tres pares: *lapillus*, *asteriscus* y *sagitta*, siendo este último el más utilizado por su mayor tamaño, están compuestos principalmente por carbonato de calcio, respectivamente. Se encuentran asociados a las funciones de audición y equilibrio. Su estructura, composición y morfología están fuertemente influenciadas por el medio ambiente y el hábitat de los peces, por lo que son utilizados como herramientas científicas para detectar cambios en las condiciones del hábitat, para identificar especies a través de sus características morfológicas y morfométricas, para la determinación de stocks pesqueros, estudiar la dieta de depredadores piscívoros, composición de tramas tróficas y estimaciones de edad, la morfología de los otolitos sagitta son de diferentes aspectos para cada especie (González Dubox, 2023).

### 6.3.2 Características morfológicas de otolitos sagitta de *Scomber japonicus*.

#### Figura 3.

Otolitos derecho e izquierdo de la especie *Scomber japonicus*, Houttuyn, 1782 “Macarela”



**Nota:** Tomada de “Características de los otolitos sagitales de peces pelágicos pequeños de interés comercial en las costas de santa elena, pacífico ecuatoriano, julio 2011 - enero 2012” (QUIMÍ, 2012).

La morfología de los otolitos sagitta de *Scomber japonicus* se caracteriza por tener forma de fémur, con un margen posterior liso, ensanchado por ambos lados, tiene un borde dorsal liso y deprimido en la región media, su borde ventral es crinado a liso, surco heterosulcoidal-ostial, su cauda es alargada o en forma tubular y encorvada en la última sección encorvada hacia el borde ventral, el ostio tiene forma tubular, su rostro se pierde y su cisura tiene forma de V, con ondulaciones en la cara externa (QUIMÍ, 2012).

### 6.3.3 Formación e interpretación de anillos en otolitos sagitta

En los otolitos sagitta el crecimiento se refleja en la formación de zonas alternadas llamadas opacas y hialinas, que representan periodos de crecimiento rápido y lento, respectivamente. En general, un par de zonas (una opaca y una hialina) equivale a un año de vida, por lo que su conteo permite estimar la edad del individuo (Villamor, 2020).

Además, las características morfológicas y microestructurales de los otolitos se utilizan para identificar stocks, analizar migraciones, evaluar condiciones ambientales históricas y describir la estructura poblacional de una especie. Aunque muchos de los protocolos para la lectura de otolitos provienen de estudios realizados en especies de aguas templadas, como la caballa del Atlántico (*Scomber scombrus*), estos principios también pueden aplicarse a la macarela del Pacífico (*Scomber japonicus*).

En las aguas ecuatorianas, las estaciones se definen por los cambios en las corrientes marinas y las precipitaciones donde se reconoce dos grandes periodos climáticos: la estación cálida o “verano ecuatorial”, que va de diciembre a mayo, y la estación fría o “invierno oceánico”, que se extiende de junio a noviembre. Durante la estación cálida predominan temperaturas más altas (entre 25 y 28 °C), provocadas por la influencia de la Corriente del Niño (De Expertos En Ciencia y Tecnología, 2025).

En esta época aumenta la productividad del ecosistema y los peces presentan un crecimiento acelerado, lo que se traduce en la formación de una zona opaca en el otolito, asociada a un periodo de mayor actividad metabólica. En cambio, durante la estación fría, la Corriente de Humboldt introduce aguas más frías (19 a 23 °C), disminuyendo la disponibilidad de alimento y el ritmo de crecimiento de los peces (Redacción, 2019).

La zona traslucida también llamada hialina, representa el reposo anual. Por lo tanto, un año de crecimiento está representado por un par de zona hialina y opaca, el conteo se realiza desde el centro del núcleo hacia el borde. En caso de dudas o diferencias entre distintas zonas del otolito, se toma como referencia la mayor edad observada, siguiendo los criterios internacionales aplicados en la lectura de otolitos (Villamor, 2020).

Las zonas más utilizadas para contar los anillos hialinos incluyen la parte anterior (rostrum) y las regiones posteriores (post-rostrum y anti-rostrum) pero no se descarta que se tiene que examinar todas las zonas del otolito donde la estructura sea clara y los anillos sean visibles (Villamor, 2020).

## **6.4 Biología reproductiva**

### **6.4.1 Fecundidad y desarrollo**

No representa dimorfismo sexual. Alcanza su madurez sexual entre los dos y cuatro años, o cuando el pez alcanza una longitud total de 22 a 31 cm, variando según la región (Castro, JJ, & AT, 2000).

En Ecuador se ha determinado que su periodo de desove se produce de diciembre hasta marzo y su longitud media de reproducción alcanza a los 23 cm de longitud furcal (Villegas-Tigrero, 2016) los huevos y larvas son pelágicos y forman parte del plancton transportados por las corrientes marinas (Alfredo, 2025).

El proceso reproductivo ocurre en aguas costeras cuyas temperaturas varían entre los 15 y 20°C, su fertilización es externa. La cantidad de huevos que deposita la hembra va desde

los 100.000 hasta los 400.000 aproximadamente. El número de huevos por hembra madura varía entre 100.000 y 400.00 aproximadamente (Castro, JJ, & AT, 2000).

#### **6.4.2 Principios biológicos de las escalas de madurez sexual en peces**

La madurez gonadal en peces es un indicador clave para determinar el estado reproductivo y evaluar la capacidad de una población para mantener niveles adecuados de reclutamiento. El desarrollo de las gónadas sigue un proceso secuencial que refleja cambios fisiológicos y morfológicos asociados al ciclo reproductivo.

Para evaluar este proceso, se utilizan escalas de madurez gonadal, que clasifican las gónadas según su apariencia externa, su tamaño relativo y el grado de desarrollo de los ovocitos o espermatozoides. Estas escalas, como las propuestas por Arriaga (1983) para pelágicos pequeños, organizan los estadios desde fases inmaduras hasta fases de desove y post-desove. El fundamento teórico de estas escalas se basa en, **cambios morfológicos visibles** durante la maduración sexual, **transformaciones fisiológicas** relacionadas con la gametogénesis, **patrones reproductivos estacionales** determinados por el ambiente. Las escalas de madurez permiten evaluar la condición reproductiva de una población, identificar periodos de desove, estimar la talla y edad de primera madurez y aportar información para la gestión pesquera.

#### **6.4.3 Descripción de etapas de madurez gonadal**

Las características de cada etapa de madurez gonadal se basan en estudios realizados en el océano Atlántico y Pacífico por la FAO.

### **Etapa I (Inmadura, virgen)**

Los ovarios y testículos son completamente delgados e incoloros, incorporados a la vejiga natatoria, sin visibilidad vasos sanguíneos (Castro, JJ, & AT, 2000).

### **Etapa II (maduración de vírgenes o recuperación gastadas)**

Las gónadas ocupan la mitad de la cavidad del cuerpo. Por un lado, los testículos comienzan a aumentar de tamaño tomando un aspecto de correa, su textura es más espesa con coloración blanquecino, por otro lado, los ovarios se hacen más redondeados, ocupando una tonalidad rosácea traslucida (Castro, JJ, & AT, 2000).

### **Fase III (Maduración)**

En esta fase las gónadas ya entraron en maduración ocupando 2/3 de la cavidad corporal. Los testículos son blancos, lisos y opacos, los ovarios presentan abundante riego sanguíneo y tornan de color amarillo o naranja pálido, con ovocitos pequeños pero simple vista (Castro, JJ, & AT, 2000).

### **Etapa IV (Maduro)**

Gónadas en su tamaño máximo y llenando la cavidad del cuerpo. Ovarios de color amarillo oscuro o naranja; al presionar el vientre se produce la extrusión de huevos translúcidos de color dorado claro. El testículo es blanco opaco con textura quebradiza, los huevos más avanzados miden entre 0,9 y 1,29 de diámetro (Castro, JJ, & AT, 2000).

## **Etapa VII (gastada)**

Ovarios flojos, delgados, inyectados de sangre y translúcidos. Es posible observar unos pocos ovocitos hidratados restantes. Testículos delgados, flácidos, inyectados en sangre (Castro, JJ, & AT, 2000).

## **6.5 Pesquería de la macarela en el Ecuador**

### **6.5.1 Arte de pesca**

La flota sardinera utiliza redes de cerco, un arte de pesca selectivo donde sus principales objetivos son la anchoveta, la macarela y la pinchagua, estas redes tienen una capacidad que van de 400 a 100 m de longitud hasta los 46 metros de altura. La operatividad de este arte se basa en un cabo o jareta, que al ser jalado cierra el fondo de la red. El material del cuerpo de la red está fabricado de poliamida (PA), la jareta constituida por un cabo de polipropileno (PP) con un diámetro entre 1  $\frac{3}{4}$  y 2 pulgadas, anillas de acero que actúan como guías para el desplazamiento de la jareta mientras se está ejecutando el cierre y cables de refuerzo que proporcionan resistencia estructural, ojo de malla de  $\frac{3}{4}$  a 1  $\frac{1}{4}$  pulgadas, la cenefa de 2 a 5 pulgadas y el copo de  $\frac{5}{8}$  a 1  $\frac{1}{4}$  pulgadas (QUIMÍ, 2012).

### **6.5.2 Zonas de pesca: Golfo de Guayaquil y Puntilla de Santa Elena**

Durante 1998 se registraron pocos desembarques en el Golfo de Guayaquil, aumentando su distribución en 1999 especialmente por el área de la Puntilla de Santa Elena, durante el 2000 y 2001 su distribución se localizó un poco más al norte, y con mayor intensidad en los alrededores de la Península de Santa Elena (Natalia González, 2017).

En los años posteriores, los desembarques presentaron una tendencia al descenso para en el 2004 incrementarse y más aún en el 2005, observándose una mayor concentración frente a las costas de la provincia de Santa Elena (Puntilla, Chanduy, etc.) y en los alrededores de la Isla Puná, área central del Golfo de Guayaquil. En el 2006 y 2007, los desembarques de esta especie registraron un brusco descenso distribuyéndose en los alrededores de la Península de Santa Elena y un poco más dispersos al norte de la Puntilla, así como también frente a la zona centro-sur de la provincia de Manabí (Natalia González, 2017).

### **6.5.3 Desembarques y tendencias temporales**

Los registros durante los años 1981-2007 de desembarque de peces pelágicos pequeños han venido experimentando variaciones significativas en cuanto a las toneladas de capturas al año.

En 1985 se registró la cifra más alta alcanzando con un pico de 1,998,587 toneladas aproximadamente, para luego descender drásticamente hasta alrededor de 238.891 toneladas en 1990. La macarela del pacífico fue la especie más desembarcada durante el periodo 1982-1983, dos años después predominó la sardina del sur. Las interacciones anuales mostraron picos y caídas bruscas, reflejando la disponibilidad del recurso por época, afectado por fenómenos ecológicos. En cuanto a estimaciones de biomasa en el año 2019 fue de 265,735 toneladas, con tallas predominantes de 25 a 26 cm de longitud total, para el 2020 disminuyó un 67%, En la revisión de stock al 2023, los modelos señalan que los reclutamientos (nuevas generaciones) de macarela fueron más altos durante los 80 y 90, pero han venido descendiendo hacia los años 2000 hasta 2023. Actualmente el promedio ronda de 210 000 toneladas (IPIAP, 2014).

#### **6.5.4 Importancia ecológica y económica**

Esta especie destaca dentro de las cadenas tróficas de ecosistemas marinos, actuando como intermediario de alimentación de grandes depredadores, como túnidos y de pequeños organismos de zooplancton, además su presencia en diferentes hábitats y su dieta variada le convierte en un indicador biológico clave para el monitoreo de la salud del ecosistema (Cabrera, S, 2024). También contribuye significativamente en el ámbito económico, su captura sostiene la actividad pesquera artesanal y comercial, usado para elaboración de diversos productos congelados, enlatados, harina de pescado, alimento acuícola, tanto para consumo local.

## 7. METODOLOGÍA

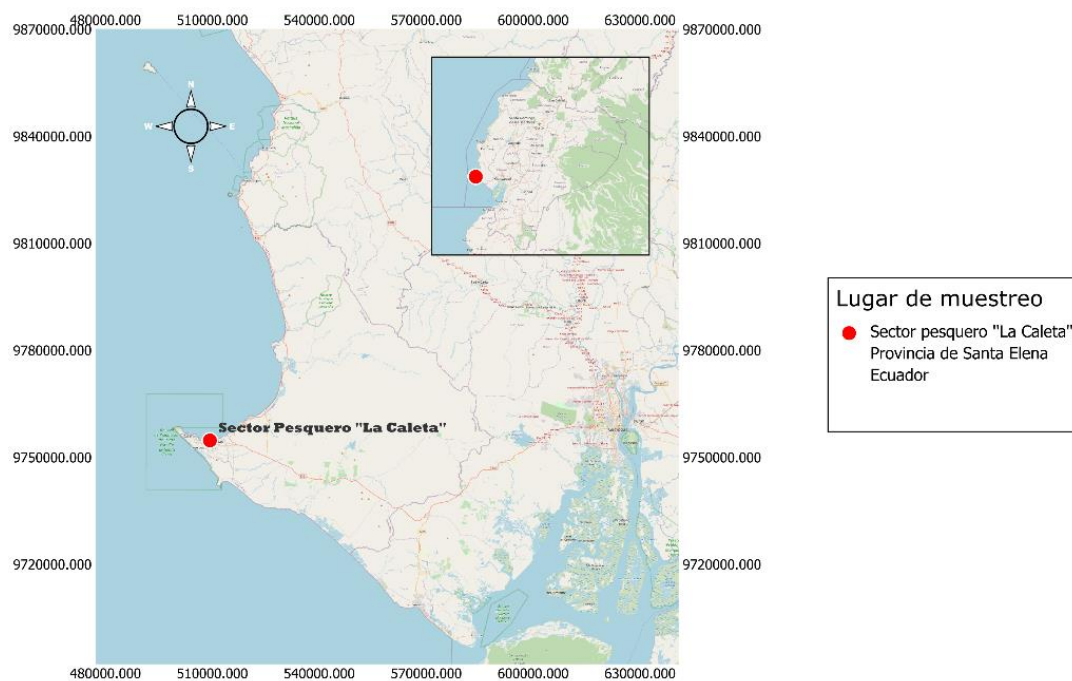
El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo–analítico, empleando técnicas biológicas y estadísticas ampliamente validadas en biología pesquera. La información generada se organizó y procesó siguiendo criterios de reproducibilidad, validez ecológica y rigor estadístico.

### 7.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en “La Caleta” sector pesquero ubicado en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, con coordenadas 2° 13' 11" S; 80° 54' 52" W.

#### Figura 4.

*Área de estudio.*



## **7.2 Metodología de campo**

### **7.2.1 Periodo y frecuencia de muestreos**

El estudio se llevó a cabo durante los meses de julio a octubre del 2025, un muestreo por semana, teniendo un total de 16 jornadas.

Aunque el periodo de muestreo abarcó únicamente cuatro meses, estos coinciden con una fase de alta disponibilidad del recurso y con condiciones logísticas favorables para el acceso a los desembarques artesanales. Se reconoce que esta restricción temporal limita la caracterización anual de la especie; sin embargo, proporciona una referencia biológica representativa del periodo de mayor actividad pesquera en la zona.

### **7.2.2 Recolección de muestras biológicas**

Por cada muestreo se recolectarán 16 individuos de *Scomber japonicus*, siendo un total de 256 ejemplares.

Las muestras se obtendrán directamente de los desembarques artesanales la zona pesquera La Caleta, se selecciona individuos de forma aleatoria, para garantizar representatividad de diferentes lotes o embarcaciones para evitar sesgos (Zar, 2010). Los especímenes serán colocados con hielo en un cooler hermético y transportados a los laboratorios de la facultad de Ciencias del Mar, UPSE.

### **7.2.3 Identificación de la especie**

Para garantizar la correcta selección de la especie, los individuos serán identificados in situ durante los desembarques, utilizando las guías:

- Instituto Nacional de Pesca (INP) (2016). Identificación de peces óseos de la pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador. Publicación del Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador.
- (FAO, 2013). FAO Species identification guide for fishery pupose. Food and agricultura organization of the United Naciones, Roma.

## **7.3 Procedimientos en el laboratorio**

### **7.3.1 Medición morfometría**

Para cada individuo se registraron las siguientes variables para calcular los parámetros de crecimiento talla-peso, la longitud total (LT), en centímetros medidos con un ictiómetro y el peso total (PT), en gramos con una balanza digital con 0,1 g de precisión (Froese, 2006).

### **7.3.2 Extracción, preparación de otolitos sagitta**

Para la extracción y preparación de los otolitos se aplicó el protocolo descrito por Secor y colaboradores (1992), el cual es ampliamente utilizado en estudios de edad en peces debido a su precisión y aplicabilidad en teleósteos marinos.

Los ejemplares se colocaron con la región dorsal hacia arriba. Con un bisturí y tijeras se realizó una apertura en la parte superior del cráneo, siguiendo su curvatura, hasta dejar expuesta la cavidad encefálica, se identificó y extrajo el cerebro, luego se ubicó las cápsulas óticas en ambos lados de la base craneana. Posteriormente se retiraron los otolitos sagitta. Se procedió a limpiar las muestras y se colocó en cajas de Petri con agua destilada, eliminando fluidos y tejidos blancos, luego se los colocó en tubos de ensayo de 10 ml, con 1 ml de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30 % de concentración durante un minuto para aclararlos (Tello, 2014).

#### **7.3.2.1 Observación de muestras**

Con el surco acústico orientado hacia arriba, área donde las marcas incrementales presentan mayor definición, el otolito se alineó siguiendo su eje principal de crecimiento, lo que permitió ubicar la zona del núcleo y las marcas externas de manera clara. Las muestras fueron llevadas a portaobjetos, con un fondo negro. Para la observación se utilizó un microscopio estereoscópico, con un aumento de 4x, equipado con fuentes de iluminación regulable. Se emplearon distintos ángulos de luz directa y transmitida hasta lograr el mayor contraste posible entre las bandas opacas y las más claras, cada anillo corresponde a un año, validando periodicidad anual. La lectura de las marcas se llevó a cabo desde el centro hacia el borde, registrando las franjas alternas visibles que

corresponden a los periodos de crecimiento. Se registró fotografía para cada otolito (Secor, 1992).

### 7.3.3 Extracción y observación de gónadas

A cada individuo se realizará un corte longitudinal en la zona ventral del organismo, extrayendo las gónadas, registrando por medio de observación morfo cromática principalmente el sexo del organismo y el estado gonadal, siguiendo las directrices de la escala propuesta por Arriaga (1983) (Tabla 1).

Se evaluó el estado de madurez sexual de especies marinas, este sistema clasifica las gónadas en 6 escalas: I inmaduro, II madurando (virginal), IIR madurando (recuperación), III maduro, IV desovando, V desovado, cada una de ellas con las características específicas para poder identificarlas.

**Tabla 1.**

*Escala de madurez gonadal para peces pelágicos pequeños (Arriaga 1983)*

| ESTADIO    | CARACTERÍSTICAS         |  |
|------------|-------------------------|--|
| <b>I</b>   | Inmaduro                | Gónadas traslúcidas, irrigación sanguínea no visible.<br>Ovarios: rosados, finos, redondeados.<br>Testículos: blanquecino leve, finos, aplanados.  |
| <b>II</b>  | Madurando<br>(virginal) | Gónadas traslúcidas en hembras, opacas en machos.<br>Ovarios: rosáceos, granulados.<br>Testículos: blanquecinos  |
| <b>III</b> | Maduro                  | Gónadas ocupan 2/3 de la cavidad visceral, irrigación sanguínea visible.<br>Ovarios: amarillo- naranja, con ovocitos pequeños, vivibles opacos.<br>Testículos: blancos cremosos, semen denso |

|            |                             |  |
|------------|-----------------------------|--|
| <b>IV</b>  | Desovando                   | Gónadas ocupan toda la cavidad visceral, irrigación sanguínea abundante.<br>Ovarios: amarillo-naranja con ovocitos translúcidos frágiles.<br>Testículos: blancos cremosos, semen blando.                 |
| <b>V</b>   | Desovado                    | Gónadas reducidas, hemorrágicas, flácidas, irrigación visible.<br>Ovarios: amarillo-naranja, sanguinolentos con ovocitos remanentes o vacíos.<br>Testículos: flácidos, blancos cremosos frágil al tacto. |
| <b>IIR</b> | Madurando<br>(recuperación) | Gónadas con mayor volumen y sanguinolentas, translúcidas en hembras, opacas en machos.<br>Ovarios: rosáceos, granulados.<br>Testículos: blanquecinos   |

**Nota:** Clasificación macroscópica de los estadios de madurez gonadal adaptada de la literatura especializada en peces pelágicos. Fuente: (IPIAP, Escala de madurez sexual para peces pelágicos pequeños, 2018).

#### 7.4 Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron en el software SPSS, complementado con Microsoft Excel para la organización y depuración de datos. La selección de las pruebas se basó en la verificación previa de supuestos estadísticos.

Para las variables continuas empleadas en la relación talla–peso y en la estimación de edad, en este último caso, la longitud total asociada a las distintas clases etarias, se evaluará el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk, y en los modelos de regresión se comprobará además la normalidad de los residuales. El cumplimiento o incumplimiento de estos criterios determinará la elección entre procedimientos paramétricos y alternativas no paramétricas. Para las variables categóricas, estado de

madurez sexual, sexo y mes de captura, se aplicarán pruebas de asociación basadas en distribuciones de frecuencia.

#### **7.4.1 Cálculo de relación talla-peso**

La relación talla-peso se analizó utilizando el modelo alométrico clásico  $P = aL^b$ . Para favorecer la linealidad del modelo y estabilizar la varianza, el análisis se realizará en escala logarítmica:

$$\log W = \log a + b(\log L)$$

Los supuestos del modelo se verificarán mediante el examen de los residuales. Cuando estos presenten un comportamiento compatible con normalidad, los parámetros se estimarán mediante regresión lineal. En caso contrario, se utilizará el estimador no paramétrico Theil–Sen como alternativa robusta.

#### **7.4.2 Estimación de edad**

Las edades de los ejemplares fueron determinadas mediante la lectura de anillos en otolitos sagitta y se agrupará en clases anuales para describir la estructura demográfica. Las diferencias en longitud total entre las clases de edad se analizarán mediante un procedimiento paramétrico si se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, o mediante la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis cuando dichos supuestos no se satisfagan.

### **7.4.3 Clasificación y análisis del estado de madurez sexual**

Las variables categóricas correspondientes al estado de madurez, sexo y mes de captura se analizarán mediante la prueba de Chi-cuadrado de independencia. Cuando existan frecuencias esperadas menores a 5, se aplicará la prueba exacta de Fisher, adecuada para tablas de contingencia con conteos reducidos.

### **7.4.4 Criterios biológicos de evaluación de captura**

Para evaluar si los ejemplares de *Scomber japonicus* fueron capturados en condiciones biológicamente adecuadas, se utilizaron referencias científicas relacionadas con talla de primera madurez ( $L_{50}$ ), edad de madurez y periodos reproductivos.

La talla de madurez sexual fue considerada en 25.3 cm, basada en reportes hechos por el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP, 2021) y estudios biológicos en la costa ecuatoriana que indican madurez entre 23–26 cm (Gilbert, G, & Tania, 2016). Se clasificaron como adultos los individuos en estadios III, IV, V y II-R, siguiendo la escala reproductiva para peces pelágicos pequeños propuesta por Arriaga (1983). Se estableció como criterio precautorio evitar la explotación cuando más del 30% de los individuos se encuentran en estadio de desove (IV), dado que este indicador se utiliza para la gestión de pesquerías pelágicas y periodos reproductivos sensibles (FAO, 2022).

#### 7.4.5 Validación de hipótesis

Para verificar la hipótesis del estudio, se contrastaron las características biológicas de los ejemplares analizados con información científica disponible para *Scomber japonicus*. La evaluación se basó principalmente en tres criterios:

- (1) La talla mínima relacionada con la primera madurez sexual.
- (2) El estadio gonadal observado, identificando como maduros los individuos en fases avanzadas.
- (3) La identificación de posibles periodos de reproducción activa mediante la distribución mensual de los estados gonadales.

## 8. RESULTADOS

Se registraron análisis biológicos a un total de 256 peces de *Scomber japonicus* extraídos del sector pesquero "La Caleta" del cantón La Libertad, durante los meses de julio a octubre del 2025, estimando aspectos de relación talla-peso, edades y madurez gonadal, parámetros que permitió identificar el crecimiento, la composición etaria y el estado reproductivo de los ejemplares.

### 8.1 Determinación del patrón de crecimiento

Se realizó el análisis de relación longitud-peso, permitiendo determinar el patrón de crecimiento corporal y evaluar la condición general de los organismos, proporcionando evidencia sobre cómo varía el peso en función del incremento en talla dentro de la población estudiada.

**Tabla 2.**

*Modelo de regresión logarítmica*

| <b>Modelo</b>                  | <b>R</b>          | <b>R cuadrado</b> | <b>R cuadrado ajustado</b> | <b>Error estándar de la estimación</b> |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|--|
| 1                              | ,925 <sup>a</sup> | ,9                | ,9                         | ,00006                                 |
| a. (Constante), log L          |                   |                   |                            |  |
| b. Variable dependiente: log P |                   |                   |                            |  |

En el modelo de regresión logarítmica (tabla 2) se registró un alto coeficiente de correlación ( $R^2= 0,925$ ) lo que equivale a una variación casi perfecta del peso en función de la longitud total la variación fuerte del peso en función de la longitud total, esto significa que el peso corporal del *Scomber japonicus* depende en gran medida de su

longitud, evidenciando una relación sólida y un ajuste estadísticamente estable entre ambas variables.

**Tabla 3.**

*Coefficientes del modelo de regresión logarítmica*

| Modelo       | Coeficientes <sup>a</sup>      |             |                             |  |            |       | 95,0% intervalo de confianza para B |                 |
|--------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|--|------------|-------|-------------------------------------|-----------------|
|              | Coeficientes no estandarizados |             | Coeficientes estandarizados |  | t          | Sig.  | Límite inferior                     | Límite superior |
|              | B                              | Desv. Error | Beta                        |  |            |       |                                     |                 |
| l(Constante) | -2,081                         | ,00009      |                             |  | -22740,807 | <,001 | -2,0813                             | -2,080959       |
| Log L        | 3,100                          | ,00006      | ,999                        |  | 48877,367  | <,001 | 3,0997                              | 3,099926        |

a. Variable dependiente: log P

En la tabla 3 se evidencia los resultados del análisis del coeficiente de regresión dando un valor de  $b = 3,100$ , representando el exponente de crecimiento del modelo, mientras que el intercepto que corresponde al  $\log(a)$  dio como resultado  $-2,081$ . Con estos valores se estimó el modelo matemático:  $W = 0,0083 \cdot L^{3,100}$ , donde el valor de  $b > 3$  indicó un crecimiento alométrico positivo, es decir, el peso aumenta proporcionalmente más rápido que la longitud.

**Tabla 4.**

*Prueba de normalidad de los residuales (Shapiro–Wilk)*

|                         | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |     |      | Shapiro-Wilk |     |      |
|-------------------------|---------------------------------|-----|------|--------------|-----|------|
|                         | Estadístico                     | gl  | Sig. | Estadístico  | gl  | Sig. |
| Unstandardized Residual | ,128                            | 256 | ,000 | ,920         | 256 | ,000 |

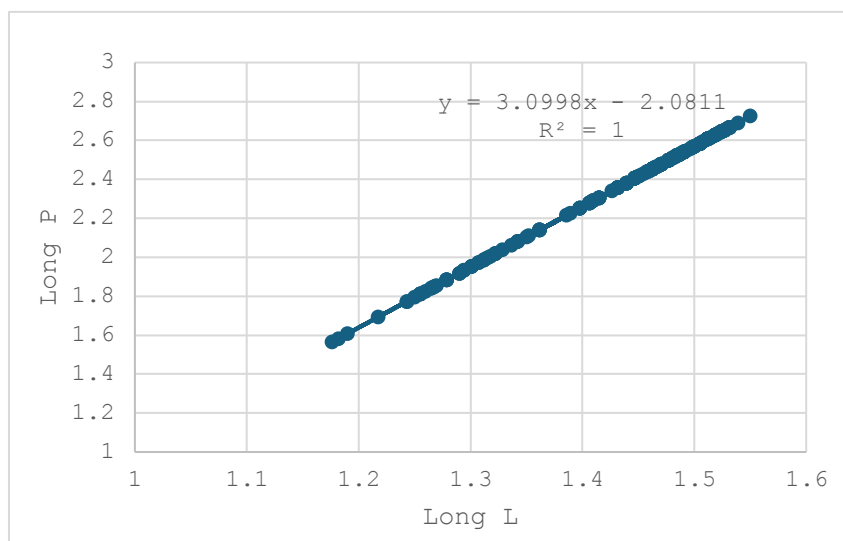
\*Límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Para confirmar la normalidad de los residuales se realizó la prueba de Shapiro–Wilk, donde el valor de significancia obtenido fue  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ), lo que indica que los errores del modelo no siguen estrictamente una distribución normal (Tabla 4). Sin embargo, debido al altísimo coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,9$ ), esta desviación no afecta de manera significativa la confiabilidad del modelo de regresión.

**Figura 5.**

*Dispersión Log L - Log P*



En la figura 5 se evidencia una relación lineal positiva bien definida entre Log P y Log L donde se refleja un patrón de crecimiento proporcional y continua. La tendencia observada indica que, a medida que la longitud aumenta, el peso también lo hace de forma predecible según el modelo lineal. La dispersión reducida de los puntos alrededor de la línea de regresión confirma la consistencia del ajuste estadístico ( $R^2 = 0,855$ ), lo que sugiere uniformidad en el crecimiento de los ejemplares analizados durante el periodo de estudio.

## 8.2 Descripción de la composición demográfica

Se describió la composición etaria de los ejemplares evaluados. La identificación y distribución de los grupos de edad permitió caracterizar la estructura poblacional y reconocer la participación relativa de individuos juveniles y adultos dentro del conjunto muestreado, proporcionando información relevante sobre la dinámica demográfica de la especie en el área de estudio.

### Figura 6.

Otolito sagitta de *Scomber japonicus*: edad estimada 0 años.



**Nota:** Elaboración propia.

**Figura 7.**

Otolito sagitta de *Scomber japonicus*: edad estimada 1 años.



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 8.**

Otolito sagitta de *Scomber japonicus*: edad estimada 2 años.



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 9.**

Otolito sagitta de *Scomber japonicus*: edad estimada 3 años.



*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 10.**

Otolito sagitta de *Scomber japonicus*: edad estimada 4 años.



*Nota:* Elaboración propia.

### Figura 11.

Otolito sagitta de *Scomber japonicus*: edad estimada 5 años.



*Nota:* Elaboración propia.

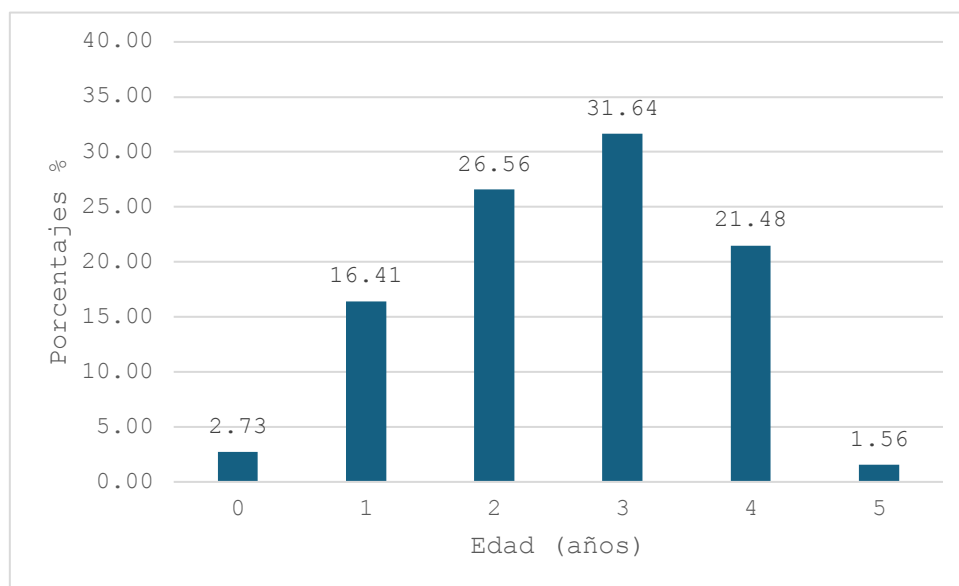
**Tabla 5.**

Grupos de edad y datos estadísticos descriptivos de la longitud total de *Scomber japonicus*.

| Grupo de edad | Frecuencia | Porcentajes % | Longitud media (cm) | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|---------------|------------|---------------|---------------------|---------------------|--------|--------|
| 0             | 7          | 2,73          | 18,29               | 1,38                | 15     | 20     |
| 1             | 42         | 16,41         | 21,48               | 0,96                | 20,3   | 23     |
| 2             | 68         | 26,56         | 25,86               | 0,83                | 24,3   | 27     |
| 3             | 81         | 31,64         | 29,01               | 0,82                | 27,5   | 30     |
| 4             | 55         | 21,48         | 31,56               | 0,89                | 30,2   | 33     |
| 5             | 4          | 1,56          | 33,76               | 0,50                | 33,2   | 35,5   |
| <b>Total</b>  | 256        |               |                     |                     |        |        |

**Figura 12.**

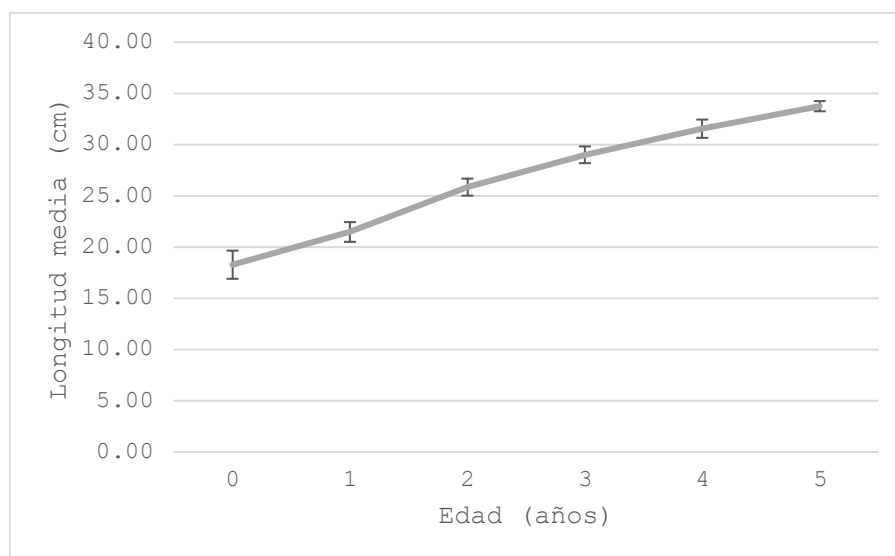
Distribución porcentual de frecuencias por grupo de edad de *Scomber japonicus*



La población analizada abarcó un rango de edades entre 0 y 5 años, con un total de 256 individuos evaluados. Los ejemplares de 2 y 3 años fueron los más representativos dentro del muestreo, con proporciones del 26,56% y 31,64% respectivamente, seguidos por las clases de 4 y 1 año. En contraste, las edades 0 y 5 mostraron una baja frecuencia relativa, indicando una menor presencia de reclutas recientes y de organismos de mayor longevidad en la muestra (Figura 12).

**Figura 13.**

*Longitud media ( $\pm$ DE) por edad.*



La longitud media presentó un patrón de incremento gradual con la edad (Figura 13), iniciando en 18,29 cm para los individuos de 0 años y alcanzando 33,76 cm en los ejemplares de 5 años. La desviación estándar fue baja en todos los grupos ( $\leq 1,38$  cm), lo que evidencia una variabilidad reducida dentro de cada cohorte y tallas consistentes entre individuos de la misma edad. En conjunto, estos resultados reflejan una estructura poblacional dominada por clases intermedias y crecimiento constante característico de la macarela (Tabla 5).

**Tabla 6.**

Prueba Kruskal–Wallis para comparar la longitud entre grupos de edad de *Scomber japonicus*.

| Prueba         | Estadístico H | gl | Sing. Asint. |
|----------------|---------------|----|--------------|
| Kruskal–Wallis | 215,37        | 5  | 0,001        |


La prueba de Kruskal–Wallis confirmó diferencias significativas en la longitud total entre los distintos grupos de edad ( $H = 215,37$ ;  $gl = 5$ ;  $p < 0,001$ ), lo cual respalda estadísticamente el crecimiento progresivo observado.

### 8.3 Identificación de etapas de desarrollo reproductivo

A continuación, se muestran las características externas de las gónadas identificadas en los organismos analizados, esta caracterización incluyó describir rasgos externos distintivos utilizados para asignar cada organismo a un estadio de madurez, tales como la coloración, tamaño relativo, textura, vascularización y presencia de gametos.

**Tabla 7.**

Características macroscópicas de los estadios de madurez gonadal en *Scomber japonicus* en hembras.

| Estadio de madurez gonadal                         |   |  |
|--|---|--|
| Macarela del pacífico ( <i>Scomber japonicus</i> ) |   |  |
| Hembras  |   |  |
| Estadios   | Foto  | Características  |
| I (Inmaduro)                                       |  | Ovarios delgados y pequeños, con forma alargada y apariencia transparente. No mostraron vasos sanguíneos notorios y su interior lució homogéneo. |

---

**II (madurando)**

Aumentó ligeramente de tamaño con tonalidad más oscuro o amarillento, más firme. La irrigación sanguínea comenzó a ser más perceptible, aunque de forma tenue.

---

**III (maduro)**

Los ovarios con un volumen considerable ocuparon una mayor proporción de la cavidad abdominal. Presentaron una coloración amarillo-anaranjada, con vasos sanguíneos claramente visibles. Se distinguieron ovocitos a simple vista, formando al tejido con aspecto firme y granular.

---

**IV (desovando)**

Las gónadas exhibieron una vascularización marcada y tonalidad naranja más intenso con zonas rojizas. Ovocitos más grandes que se desprendían fácilmente. La textura seguía siendo firme, aunque algunas áreas presentaron suavidad.

---

---

**V (desovado)**



Ovarios flácidos, casi vacíos, de menor tamaño y en forma de saco, transparentes y un poco anaranjado a rosáceo.

---




**IIIR (en recuperación)**



Los ovarios mostraron condición más flácida y de menor tamaño, con aspecto rojizo a marrón sanguinolento, algunos con rectos ovocitarios.

**Tabla 8.**

Características macroscópicas de los estadios de madurez gonadal en *Scomber japonicus* en machos.

| <b>Estadio de madurez gonadal</b>                       |   |   |
|---|---|---|
| <b>Macarela del pacífico (<i>Scomber japonicus</i>)</b> |   |   |
| <b>Machos</b>   |   |   |
| <b>Estadios</b>   | <b>Foto</b>   | <b>Características</b>  |
| <b>I (Inmaduro)</b>                                     |   | Testículos delgados, pequeños y semitransparentes, con forma filiforme, con tejido liso y blando. No se apreció presencia visible de esperma y la vascularización fue prácticamente nula. |
| <b>II (Madurando)</b>                                   |  | Mas alargados, color blanco en su mayoría con tonalidades color rosado. El tejido más compacto  |
| <b>III (Maduro)</b>                                     |  | Los testículos alcanzaron mayor volumen. Tejido firme y resistente al tacto, ya se presenció el desarrollo vascular y con tonalidad blanco lechoso.                                       |

---

**IV (Desovando)**



Las gónadas tenían aspecto turgente y blanquecino brillante. Desarrollados completamente, que al presionarlo liberaban fluidos de espermias con consistencia suave.

---

**V (desovado)**



Gónadas flácidos y delgados, con restos de esperma. La coloración menos intensa, con tonos blanquecinos pálido o grisáceo.

---

**IIR (En recuperación)**



Los testículos con tonalidad blanquecina a grises, tamaño intermedio y aspecto menos tenso. con vascularización moderada y compactos.

---

**Tabla 9.**

Distribución porcentual mensual de estadios de madurez sexual de *Scomber japonicus*.

| Mes/%             | Estadio I | Estadio II | Estadio III | Estadio IV | Estadio V | Estadio IIR | Total |
|-------------------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|-------------|-------|
| <b>Julio</b>      | 6%        | 23%        | 31%         | 27%        | 8%        | 5%          | 100%  |
| <b>Agosto</b>     | 11%       | 6%         | 14%         | 36%        | 23%       | 9%          | 100%  |
| <b>Septiembre</b> | 8%        | 9%         | 16%         | 17%        | 28%       | 22%         | 100%  |
| <b>Octubre</b>    | 6%        | 6%         | 13%         | 14%        | 34%       | 27%         | 100%  |

En el mes de julio, se registró predominancia de organismos en los estadios II con un 23%, el Estadio IV con un 27% y el estadio III con un 31%, este último representa el estadio que se capturo con mayor frecuencia, lo que indica que gran parte de los organismos se encontraban en etapas de maduración gonadal intermedia y avanzada, mientras que los estadios I, V y IIR no superan el 10%.

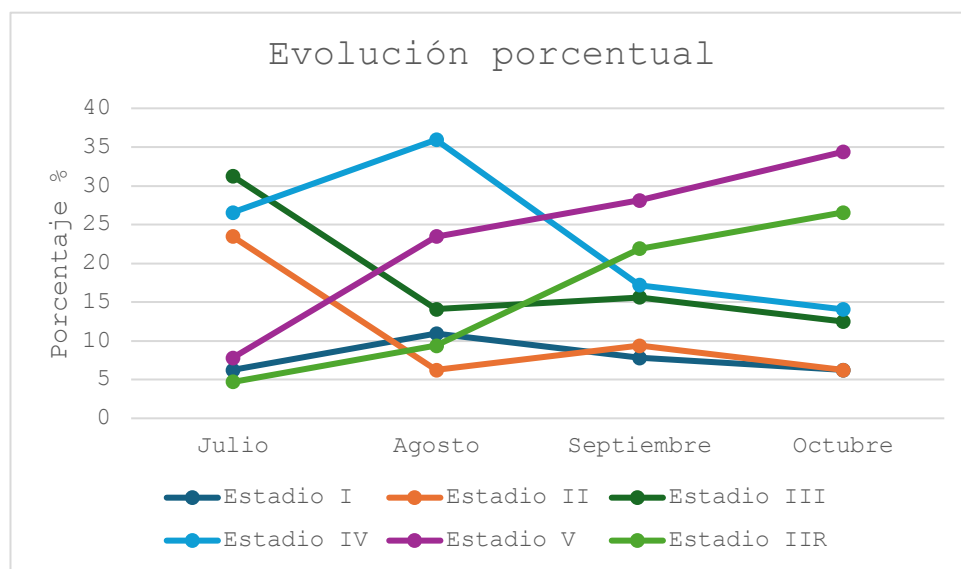
El estadio que predominó para el mes de agosto fue el estadio IV alcanzando un 36%, lo que muestra el avance de desarrollo gonadal, siendo esta la proporción más alta durante todo el periodo de estudio, seguido del estadio V con un 23%, el estadio III bajo a 14%, el estadio II disminuye notablemente un 17% en comparación con el mes anterior, el estadio IIR solo alanza el 9%.

En el mes de septiembre, los estadios III con 16% y el estadio IV con 17%, indicando que aún hay organismos en proceso de maduración, el 28% de los individuos capturados se encontraban en el estadio V, también se observa un aumento significativo para el estadio IIR con un valor de 22%, mientras que los estadios iniciales I y II siguen manteniendo porcentajes bajos. En octubre se presencié el menor porcentaje en los estadios I y II ambos

con un 6% durante todo el muestreo y también el mes donde más se capturo peces desovado (Estadio V) con un 34% y peces en recuperación con un 27%.

**Figura 14.**

Línea temporal de evolución porcentual de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus*



En este gráfico se observa el cambio progresivo durante los 4 meses de estudio, para julio fueron pocos los especímenes que se encontraban en estadios principales, por lo contrario, la mayoría de los organismos estaban en pleno proceso de maduración (II, III), para agosto se presenció un aumento de organismos que se encontraban en etapa de desove (IV) donde las etapas iniciales empezaban a decaer, la tendencia disminuye en estadios intermedios para el mes de septiembre, se observa un progresividad para la etapa V, durante todo el periodo y se marca un salto notable en la etapa IIR, indicando que la mayoría de peces capturados ya habían expulsados sus huevos, esto evidencia que estaban completando su periodo reproductivo y posteriormente entrar a la etapa de descanso.

**Tabla 10.**

Frecuencia y porcentaje por estadio de madurez gonadal según mes de captura en *Scomber japonicus*

|         |       | Mes                 |        |            |         | Total  |         |
|---------|-------|---------------------|--------|------------|---------|--------|---------|
|         |       | Julio               | Agosto | Septiembre | Octubre |        |         |
| Estadio | I     | Recuento            | 4      | 7          | 5       | 4      | 20      |
|         | I     | % dentro de Estadio | 20,00% | 35,00%     | 25,00%  | 20,00% | 100,00% |
|         | II    | Recuento            | 15     | 4          | 6       | 4      | 29      |
|         | II    | % dentro de Estadio | 51,70% | 13,80%     | 20,70%  | 13,80% | 100,00% |
|         | III   | Recuento            | 20     | 9          | 10      | 8      | 47      |
|         | III   | % dentro de Estadio | 42,60% | 19,10%     | 21,30%  | 17,00% | 100,00% |
|         | IV    | Recuento            | 17     | 23         | 11      | 9      | 40      |
|         | IV    | % dentro de Estadio | 28,30% | 38,30%     | 18,00%  | 15,00% | 100,00% |
|         | V     | Recuento            | 5      | 15         | 18      | 22     | 60      |
|         | V     | % dentro de Estadio | 8,30%  | 25,00%     | 30,00%  | 36,00% | 100,00% |
| IIR     | IIR   | Recuento            | 3      | 6          | 14      | 17     | 60      |
|         | IIR   | % dentro de Estadio | 7,50%  | 15,00%     | 35,00%  | 42,50% | 100,00% |
| Total   | Total | Recuento            | 64     | 64         | 64      | 64     | 256     |
|         | Total | % dentro de Estadio | 25,00% | 25,00%     | 25,00%  | 25,00% | 100,00% |

**Nota:** Se presenta el recuento y el “% dentro del estadio” por mes. Orden cronológico recomendado de columnas: julio, agosto, septiembre, octubre. N total = 256.

**Tabla 11.**

*Prueba Chi cuadrado*

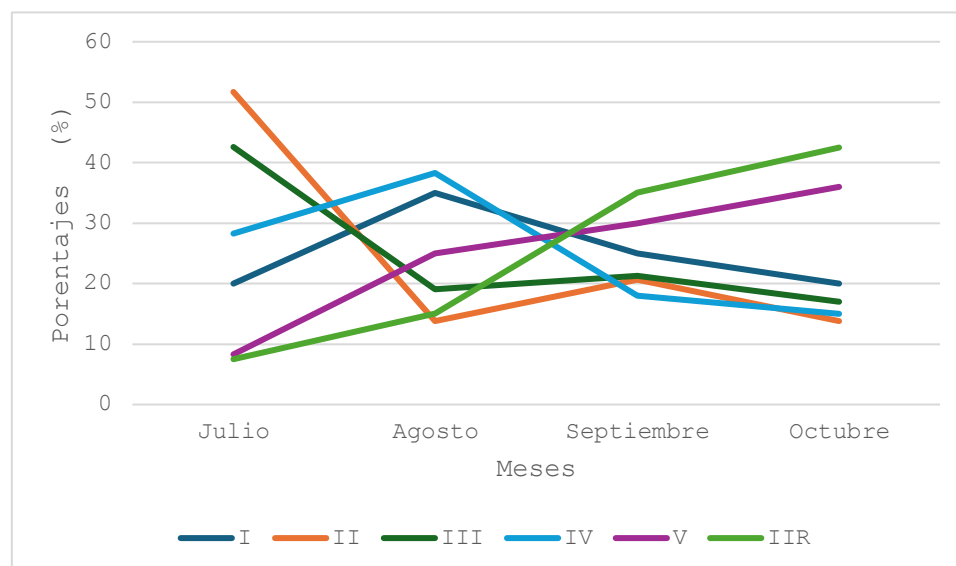
|                         | Valor               | gl | Significación asintótica (bilateral) |
|-------------------------|---------------------|----|--------------------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 52,041 <sup>a</sup> | 15 | <,001                                |
| Razón de verosimilitud  | 52,703              | 15 | <,001                                |
| N de casos válidos      | 256                 |    |                                      |

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5, recuento mínimo esperado 5,00.

La prueba Chi-cuadrado, mostró una relación estadística significativa entre ambas variables ( $\chi^2 = 52.041$ ;  $gl = 15$ ;  $p < 0.001$ ), indicando que el tamaño de los diferentes estadios cambia considerablemente durante el periodo de estudio.

**Figura 15.**

*Variación temporal por estadio gonadal*



En la Figura 15 se muestran como la como va cambiando cada fase gonadal durante el periodo de estudio, se puede presenciar el inicio del proceso de reproducción en el mes de julio y agosto donde los estadios I y IIR abundaron, el estadio IV obtuvo un 38,3 % indicando el punto máximo de actividad reproductiva. A partir del mes de septiembre, se observó un incremento en los estadios V (desovado) y IIR en recuperación, que alcanzaron sus picos en octubre con el 36% y 42,5% indicando que gran parte de la población capturada estaba en inicios de regeneración gonadal.

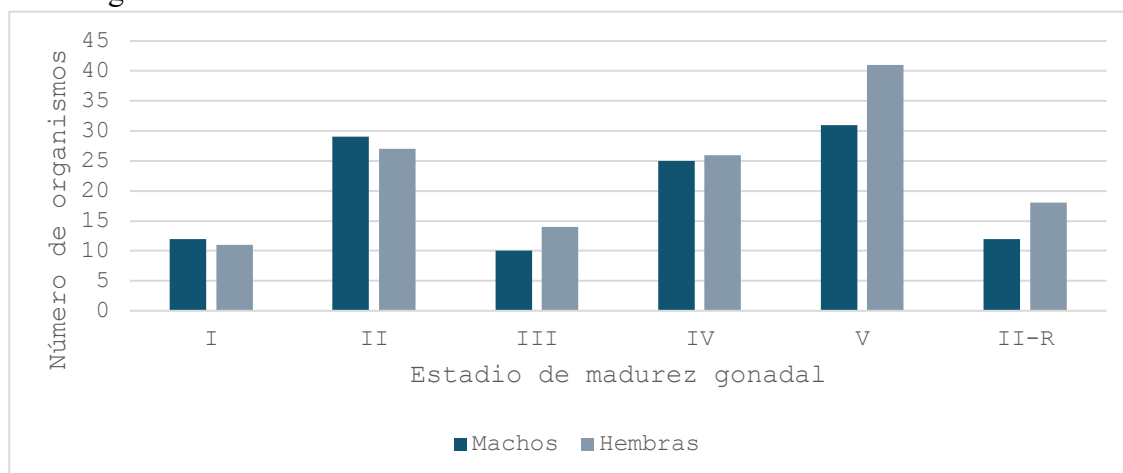
**Tabla 12.**

*Frecuencia de la población general estudiada de *Scomber japonicus**

| Estadio     | Machos | Hembras | total | Porcentajes % |
|-------------|--------|---------|-------|---------------|
| <b>I</b>    | 12     | 11      | 23    | 9%            |
| <b>II</b>   | 29     | 27      | 56    | 22%           |
| <b>III</b>  | 10     | 14      | 24    | 9%            |
| <b>IV</b>   | 25     | 26      | 51    | 20%           |
| <b>V</b>    | 31     | 41      | 72    | 28%           |
| <b>II-R</b> | 12     | 18      | 30    | 12%           |

**Figura 16.**

Grafica de barras de Frecuencia total de machos y hembras de *Scomber japonicus* por estadio gonadal.



Adicionalmente se analizó la proporción total de estadios de madurez gonadal tanto para hembras y machos, donde el estadio I alcanzó los 23 y III los 24 organismos presentando los porcentajes más bajos con un 9%, luego la etapa de IIR (gónadas en recuperación) con un estimado del 12%, indicando que el desove ocurrió, con un total de 30 peces, teniendo dominancia las hembras con 18 organismos, le sigue el estadio IV con cantidades casi similares, 25 machos y 26 hembras, un total de 51 organismos, indicando que el 20% estaban en su etapa desovante, así mismo con un 22% el estadio II correspondiente a 56 peces, destacando los machos con 29 individuos que se encontraban en proceso de maduración gonadal, posteriormente el porcentaje más alto con un una frecuencia del 28% lo alcanzó el estadio V, con un total de 72 peces, con un dominio de 41 hembras (Tabla 12 y Fig. 16).

#### 8.4 Evaluación de condiciones biológicas de captura

**Tabla 13.**

Evaluación biológica de las capturas de *Scomber japonicus* en La Caleta

| <b>Criterio evaluado</b>                            | <b>Referencia biológica</b>                      | <b>Resultado obtenido</b> | <b>Interpretación</b>  |
|---|--|---------------------------|--|
| Proporción de peces $\geq 25.3$ cm                  | Talla mínima reproductiva reportada para Ecuador | 77.34%                    | La mayoría superó la talla de madurez → captura adecuada       |
| Proporción de individuos maduros (III, IV, V, II-R) | Individuos que han alcanzado o superado madurez  | 80.86%                    | Predominan ejemplares adultos → captura sobre cohortes maduras |
| Mes con mayor actividad reproductiva (Estadio IV)   | Indicador de periodo reproductivo sensible       | Agosto (36% IV)           | Mes biológicamente sensible asociado a desove                  |
| Estructura etaria dominante                         | Edades reproductivas típicas en pelágicos        | 2-3 años predominantes    | Coincide con edades reproductivas → extracción adecuada        |

En función de la talla mínima biológica referencial para la especie (25.3 cm), el 77.34% de los organismos muestreados superó dicho valor, lo cual indica que la captura se realizó mayoritariamente sobre individuos que han alcanzado la madurez. Asimismo, el 80.86% de los ejemplares se encontró en estadios reproductivos avanzados (III, IV, V e II-R), evidenciando predominio de organismos maduros. Se identificó un incremento notable en la proporción de individuos en estadio IV durante el mes de agosto (36%), lo que sugiere un periodo reproductivo sensible. En conjunto, estos resultados indican que la captura en La Caleta se realizó, en general, bajo condiciones biológicas adecuadas, con una observación de precaución para el mes de agosto.

## 9. DISCUSIÓN

Los ejemplares de *Scomber japonicus* capturados durante este periodo, presentaron patrones de crecimiento alométrico positivo con un exponente  $b = 3,100 (> 3)$ , donde el peso aumenta más rápido que la longitud. Este resultado sugiere que los ejemplares analizados presentan una buena condición corporal y un entorno ambiental favorable. En Ecuador, se han reportado valores cercanos a la isometría, como en el Golfo de Guayaquil ( $b = 3,351$ ; rango 3,168–3,569) y estimaciones históricas entre 3,02 y 3,90 (Menz, A., & Pizarro, S, 1988). En comparación, estudios realizados en Perú, Chile y México presentan valores de  $b$  entre 2,85 y 3,00, ligeramente inferiores. Según Froese (2006), valores de  $b$  mayores a 3 indican un incremento del peso por encima de la longitud, lo que confirma el buen estado fisiológico y el crecimiento saludable de la población evaluada, las diferencias observadas podrían atribuirse a variaciones en la productividad trófica regional, ya que las aguas ecuatoriales del Pacífico oriental suelen presentar eventos de enriquecimiento asociados a surgencias costeras, incrementando la disponibilidad de alimento para especies pelágicas pequeñas.

Adicionalmente, durante los meses de julio a octubre se registra en la costa ecuatoriana una fase relativamente estable del sistema de la Corriente de Humboldt, con temperaturas moderadas y alta disponibilidad de copépodos y pequeños crustáceos, lo que favorecería un crecimiento ponderal superior. El valor de  $b > 3$  podría también reflejar un período de recuperación fisiológica post-desove, en el cual los individuos acumulan reservas energéticas, como ocurre en otras poblaciones subtropicales de caballa.

En la estructura etaria, la pesquería estuvo dominada por ejemplares de 2 y 3 años, representando a juveniles en plena actividad reproductiva, peces que ya alcanzaron la talla de madurez gonadal, con buena tasa de crecimiento, lo cual podría ser positivo para la

conservación, siempre y cuando se mantenga un buen reclutamiento, tal como lo menciona González (2023), además Nespereira (1992) mencionó que la estructura etaria poblacional de la macarela presenta variaciones relacionadas con factores ambientales y la pesquería. En comparación, estudios realizados en Perú y Chile han descrito estructuras más juveniles en años afectados por eventos cálidos El Niño, debido al desplazamiento de las zonas de desove y al estrés térmico. En contraste, la predominancia de edades reproductivas en este estudio sugiere condiciones ambientales favorables y estables durante la temporada muestreada, sin perturbaciones oceanográficas significativas que afecten la dinámica del stock.

En cuanto al estado de madurez sexual, el 80,86 % de los individuos se encontró en estadios reproductivos avanzados. Esta proporción coincide con estudios realizados en periodos reproductivos activos, donde se han registrado picos de madurez elevados en poblaciones sometidas a baja presión pesquera. El aumento del estadio IV en agosto (36 %) indica un mes biológicamente sensible, probablemente asociado al pico de desove, el cual es consistente con tendencias reportadas en otros países del Pacífico suroriental donde *S. japonicus* presenta períodos reproductivos sincronizados con la productividad costera. La variación mensual observada podría estar vinculada con cambios en temperatura superficial, disponibilidad de alimento y fases de surgencia, fenómenos muy característicos de la costa ecuatoriana.

Desde una perspectiva aplicada, el hecho de que el 77,34 % de los individuos supere la talla mínima de madurez (25,3 cm) y que la mayoría correspondan a edades reproductivas (2–3 años) implica que la pesquería artesanal de La Caleta está explotando mayoritariamente individuos que ya han contribuido al stock desovante. Esto reduce el riesgo de sobrepesca de reclutamiento y sugiere que, bajo las condiciones actuales, la

presión pesquera no compromete la sostenibilidad del recurso. Sin embargo, el elevado porcentaje de individuos en desove durante agosto subraya la necesidad de considerar medidas de manejo, como vedas reproductivas estacionales, restricción de esfuerzo pesquero o protección espacial temporal, especialmente en años afectados por anomalías oceanográficas.

El conjunto de individuos extraídos en el sector pesquero La Caleta, indicaron que la pesquería se centró en organismos ya aptos para su captura. Prácticas que recomienda el IPIAP (2021) priorizar la captura de ejemplares adultos, disminuyendo la presión sobre ejemplares juveniles, incentivando la sostenibilidad del recurso. No obstante, la notable presencia de peces en etapa de reproducción activa podría estar ocurriendo en momentos biológicamente críticas, esto respalda priorizar estrategias de manejo de la pesquería y mantener monitoreos continuos.

El estudio presenta dos limitaciones principales. La primera es la restricción temporal del muestreo a cuatro meses (julio–octubre), lo que impide describir el ciclo reproductivo anual completo y limita la detección de variaciones estacionales en el crecimiento y la madurez sexual. La segunda es el alcance geográfico reducido, ya que los datos provienen únicamente del sector pesquero La Caleta, lo que limita la representatividad del stock a nivel provincial. Estas limitaciones resaltan la necesidad de monitoreos de mayor duración y cobertura espacial, que permitan comprender la dinámica poblacional anual y fortalecer las bases para un manejo pesquero sostenible.

## 10. CONCLUSIONES

La relación talla–peso de *Scomber japonicus* en La Caleta presentó un crecimiento alométrico positivo, descrito por la ecuación  $W = 0,0083 \cdot L^{3,100}$ , con un alto ajuste ( $R^2 = 0,925$ ). El valor de  $b = 3,100$  indica que los individuos incrementan su peso más rápido que su longitud, evidenciando una buena condición corporal durante el periodo evaluado.

La población estuvo compuesta por individuos de 0 a 5 años, con predominancia de edades 2 y 3 años, que representaron el 58,2 % del total. Esto evidencia un reclutamiento sostenido y una estructura etaria típica de poblaciones saludables de pelágicos pequeños.

El 80,86 % de los ejemplares analizados se encontró en estadios avanzados de madurez (III, IV, V e II-R). El estadio IV (desove activo) alcanzó su mayor frecuencia en agosto (36 %), identificando este mes como un pico reproductivo crítico para la especie.

En base a todo esto, se determinó que la mayoría de los organismos analizados ya sea en longitud, peso, edad y estado reproductivo correspondió a condiciones adecuadas para su captura. De esta manera, la hipótesis alterna es aceptada.

## 11. RECOMENDACIONES

Se recomienda extender el monitoreo biológico de *Scomber japonicus* a lo largo de todo el año, con el fin de superar la limitación temporal del presente estudio y caracterizar completamente el ciclo reproductivo, las variaciones estacionales del crecimiento y los cambios en la estructura de edades. Un seguimiento continuo permitirá generar información robusta para la gestión sostenible del recurso.

Dado que agosto presentó la mayor proporción de individuos en estadio de desove (36 %), se sugiere implementar medidas de manejo durante este mes, como reducción del esfuerzo pesquero o una veda reproductiva temporal. Estas acciones protegerían el grupo desovante y favorecerían el éxito del reclutamiento.

Se sugiere expandir el muestreo a otros puntos de desembarque de la provincia de Santa Elena para obtener una representación más completa del stock. Esto permitirá comparar patrones biológicos entre localidades, mejorar la precisión de los indicadores poblacionales y reforzar la toma de decisiones a escala regional.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Allaya, Hassen. (2013). *Biologic characteristics of Scomber japonicus (Houttuyn, 1782) in Tunisian waters (Central Mediterranean Sea)*. *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY*. 12. 3040-3048. 10.5897/AJB12.2723.
- Alfredo, O. M. (2025). *Análisis y caracterización de la distribución poblacional de la Macarela (Scomber japonicus) frente a las Costas de Ecuador durante el periodo 2020-2023, utilizando la integración biológica pesquera y los sensores remotos*. UPSE, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador .
- Álvaro Romero, G. P. (2018). *Estimación hidroacústica de los principales peces pelágicos pequeños en el Ecuador y su distribución geoespacial, durante diciembre de 2019 (INP, 2019-12-02PV)*. Instituto Nacional de Pesca.
- AquaPortail, A. (2025). *Scomber japonicus* . Obtenido de Aquaportail: <https://www.aquaportail.com/especies/ficha/pez/3923/scomber-japonicus>
- Baez, J. L. (2017). *Evaluación de marcadores intrónicos para estimar la diversidad genética de la caballa, Scomber japonicus, diversidad genética de la caballa, Scomber japonicus, diversidad genética de la caballa, Scomber japonicus, en el mar peruano*. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, Lima, Perú.
- Cabrera, S. (2024). *CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN Scomber japonicus DESEMBARCADOS EN EL PUERTO PESQUERO ARTESANAL DE ANCONCITO*. UPSE, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena.

- Castro, H., JJ, & AT, S. O. (2000). *Sipnosis de datos biológicos sobre la caballa. (Scomber japonicus Houttuyn, 1782).* (Sinóptico. 157 ed.). Roma: Pescado de la FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/fi/website/MultiQueryAction.do>
- Coello, D., & Herrera, R. Z. (2022). LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS OF 26 FISH SPECIES FROM ARTISANAL FISHERY IN. *The Biologist (Lima)*, vol. 20, págs. 25-32. doi:10.24039/rtb20222011267
- Collete, & Nauen. (1983). *Escómbridos del mundo. Catálogo anotado e ilustrado de atunes, caballas, bonitos y especies afines conocidas hasta la fecha.* (Vol. Vol. 2. ). (C. d. FAO., Ed.) Roma: FAO.
- Cruz., M. P. (2023). *Relación de longitud-peso de peces del intermareal rocoso.* Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, CDMX, México .
- De Expertos En Ciencia y Tecnología, E. (2025). *VIU Universidad Online.* (F. E. Ecuador, Productor) Obtenido de <https://www.universidadviu.com/ec/actualidad/nuestros-expertos/fenomeno-el-nino-y-sus-patrones-climaticos-en-ecuador#>:
- FAO. (2013). *Species Identification Guide for Fishery Purposes. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.*
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Toward Blue Transformation.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. doi:<https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- FishBase. (2024). *Scomber japonicus (Houttuyn, 1782).*
- FishWatch, N. (2012). *Pacific mackerel, Scomber japonicus.* (W. Commons., Ed.) Obtenido de

[https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Scomber\\_japonicus.png  
&oldid=956821252](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Scomber_japonicus.png&oldid=956821252)

Froese, R. (2006). *Cube law, condition factor and weight–length relationships*. History, meta-analysis and recommendations. *Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.14390426.2006.00805.x>

Fundation, C. D. (2015). *Base de datos de las especies de galápagos*. . (C. dataZone., Editor) Obtenido de <https://datazone.darwinfoundation.org/es/checklist/?species=9872>

Gilbert, J., G, J., & Tania, I. (2016). *Aspectos biológicos y pesqueros de la macarela Scomber japonicus (Perciformes: Scombridae) en la costa continental de Ecuador*. Ciencia pesquera, Instituto Nacional de pesca del Ecuador. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/192271/Gilbert\\_y\\_Villegas\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/192271/Gilbert_y_Villegas_2016.pdf)

González Dubox, M. D. (2023). *Morfología de los otolitos sagitta, lapillus y asteriscus de Genidens barbatus de*. Marine and Fishery Sciences (MAFIS), Argentina. doi: <https://doi.org/10.47193/mafis.3612023010107>

IPIAP. (2014). *PROCESO DE INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS CRUCERO DE PROSPECCIÓN HIDROACÚSTICA Y PESCA*. Guayaquil.

IPIAP. (2018). *Escala de madurez sexual para peces pelágicos pequeños*. Instituto Nacional de Pesca Programa peces pelágicos pequeños.

IPIAP. (2021). *Crucero de prospección hidroacústica y pesca comprobatoria con barcos pesqueros comerciales*. Obtenido de [http://smallpelagics.org/content/uploads/cruises/crucero\\_2021/](http://smallpelagics.org/content/uploads/cruises/crucero_2021/), (2021)

IPIAP. (2021). *INSTITUTO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN DE ACUICULTURA Y PESCA Monitoreo en Puerto.*

Menz, A., & Pizarro, S. (1988). *La pesquería, biología y bionomía de la macarela (Scomber japonicus) en Ecuador.* (Vol. 9 (10)). Boletín Científico-Técnico del Instituto Nacional de Pesca.

Natalia González, M. P. (2017). *ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA DE PECES PELAGICOS PEQUEÑOS EN EL ECUADOR.* Instituto Nacional de Pesca .

Nespereira, J. M. (1992). *CRECIMIENTO DE LA CABALLA SCOMBER JAPONICUS (HOULTUYN, 1782) EN AGUAS DEL ARCHIPIÉLAGO CANARIO.* Universidad de Las Palmas De Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, España.

QUIMÍ, H. J. (2012). *“CARACTERÍSTICAS DE LOS OTOLITOS SAGITALES DE PECES PELÁGICOS PEQUEÑOS DE INTERÉS COMERCIAL EN LAS COSTAS DE SANTA ELENA, PACÍFICO ECUATORIANO, JULIO 2011- ENERO 2012.* Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar, La Libertad, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/853>

Redacción. (2019). *Corriente de Humboldt: el fenómeno por el que el mar de Chile y Perú es hasta 10 oC más frío que otras zonas del Pacífico y cómo afecta al resto del mundo.* Obtenido de BBC News Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49682744#:~:text=Impacto%20en%20el%20clima,ecosistemas%20costeros%20a%20su%20paso.&text=En%20Chile%2C%20por%20ejemplo%2C%20el,se%20nota%20en%20el%20mar.>

Secor, D. H. (1992). *Manual for otolith preparation and age determination for fishes.* University of South Carolina Press.

- Tello, J. (2014). *Relación: longitud vs. Edad de Merluccius gayi durante octubre 2013 – marzo 2014 (Tesis de grado)*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad-Ecuador.
- Velásquez, V. M. (2024). *Length–Weight Relationships of Commercial Fish Species Captured by Small-Scale Fisheries in the Northern Pacific of Colombia*. An International Journal of Marine Sciences, Colombia. doi:<https://doi.org/10.1007/s41208-024-00695-1>
- Villamor, B. N.-L. (2020). *Criterios de Interpretación de la Edad en los Otolitos de la Caballa del Atlantico Noroeste (Scomber scombrus)*. Documento Interno del IEO, Proyecto BIOPEL. doi:<http://hdl.handle.net/10508/10162>
- Villegas-Tigrero, G. J.-J. (2016). Aspectos biológicos y pesqueros de la macarela *Scomber japonicus* (Perciformes: Scombridae) en la costa continental de Ecuador. *Ciencia Pesquera*. Instituto Nacional de Pesca de Ecuador, Ecuador.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis (5.<sup>a</sup> ed.)*. . Pearson Prentice Hall. Obtenido de <https://bayesmath.com/wp-content/uploads/2021/05/Jerrold-H.-ZarBiostatistical-Analysis-5th-Edition-Prentice-Hall-2009.pdf>

## 13. ANEXOS



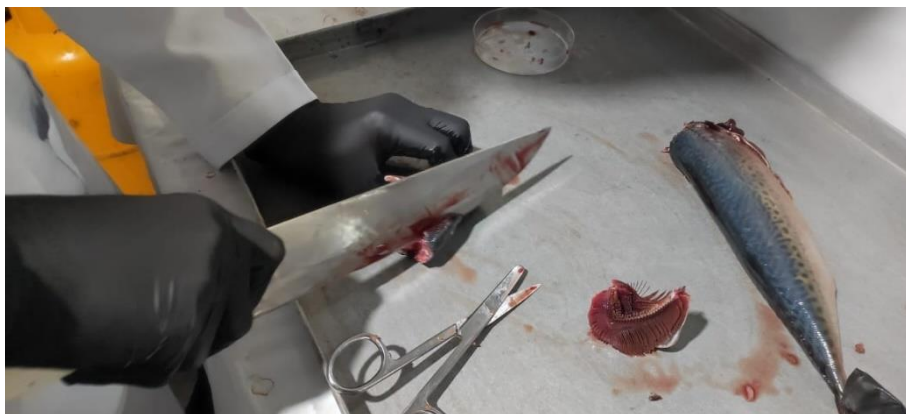
Anexo 1. Sector pesquero La Caleta, Cantón La Libertad



Anexo 2. Medición del peso de ejemplares de *Scomber japonicus*



**Anexo 3.** Extracción de gónadas de ejemplares de *Scomber japonicus*



**Anexo 4.** Corte dorsal en la parte superior del cráneo para extracción de otolitos sagitta.



**Anexo 5.** Gónadas y otolitos sagitta extraídos de macarelas correspondiente a una jornada de muestreo.

# Tesis José Reyes Compilatio

**8%**  
Textos sospechosos



- 3% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos (ignorado)**
- 5% Textos potencialmente generados por la IA**

Nombre del documento: Tesis José Reyes Compilatio.docx  
ID del documento: 03c2e6f717117d47e3fb2135704074224e4b7f67  
Tamaño del documento original: 12,11 MB

Depositante: DOUGLAS FRANKLIN VERA IZURIETA  
Fecha de depósito: 10/11/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 10/11/2025

Número de palabras: 8355  
Número de caracteres: 55.291

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

| Nº | Descripciones  | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|--|-------------|-------------|--|
| 1  | <b>1library.co</b>   ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA DE PECES PELÁGICOS PEQUEÑOS EN EL ...<br><a href="https://1library.co/documento/qmp14wq-analisis-pesqueria-peces-pelagicos-pequenos-ecuad...">https://1library.co/documento/qmp14wq-analisis-pesqueria-peces-pelagicos-pequenos-ecuad...</a><br>1 fuente similar | 2%          |             | Palabras idénticas: 2% (168 palabras)  |
| 2  | <b>Documento de otro usuario</b> #0ab00e<br>Viene de de otro grupo   | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (50 palabras) |

## Fuentes con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones   | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|---|-------------|-------------|--|
| 1  | <b>Documento de otro usuario</b> #af0d61<br>Viene de de otro grupo  | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (23 palabras) |
| 2  | <b>tumi.lamolina.edu.pe</b>   Caballa ( <i>Scomber japonicus</i> )<br><a href="http://tumi.lamolina.edu.pe/info/pec/caballa-scomber-japonicus/">http://tumi.lamolina.edu.pe/info/pec/caballa-scomber-japonicus/</a>               | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (19 palabras) |
| 3  | <b>repositorio.upse.edu.ec</b><br><a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8852/1/UPSE-TBI-2022-0044.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8852/1/UPSE-TBI-2022-0044.pdf</a>                       | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (11 palabras) |
| 4  | <b>hdl.handle.net</b>   Crecimiento de la caballa <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1872) e...<br><a href="http://hdl.handle.net/10261/287746">http://hdl.handle.net/10261/287746</a>   | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (12 palabras) |
| 5  | <b>pescaresponsable.ec</b><br><a href="https://pescaresponsable.ec/site/uploads/descargas/02-manual-muestreo-peces-pelagicos-p...">https://pescaresponsable.ec/site/uploads/descargas/02-manual-muestreo-peces-pelagicos-p...</a> | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (11 palabras) |