



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

“ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EN TALLAS DEL *Dosidicus gigas* (Calamar gigante), EN LOS DESEMBARQUES DEL PUERTO DE SANTA ROSA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTOR

TORRES SALCEDO LUIS HUMBERTO

TUTOR

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, MSc.

COTUTOR

TNLGO. PACHECO BEDOYA JOSÉ LUIS

LA LIBERTAD- ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR CARRERA DE BIOLOGÍA

**“ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EN TALLAS DEL
Dosidicus gigas (Calamar gigante), EN LOS DESEMBARQUES DEL
PUERTO DE SANTA ROSA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA-
ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

TORRES SALCEDO LUIS HUMBERTO

TUTOR

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, MSc.

COTUTOR

TNLGO. PACHECO BEDOYA JOSÉ LUIS

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “Análisis de la estructura en tallas del *Dosidicus gigas* (calamar gigante), en los desembarques del puerto de Santa Rosa en la provincia de Santa Elena-Ecuador”, elaborado por TORRES SALCEDO LUIS HUMBERTO, 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/a, 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



DARQUEA ARTEAGA JODIE JESSICA
DOCENTE TUTOR
C.I. 0918674359

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular **“Análisis de la estructura en tallas del *Dosidicus gigas* (Calamar gigante), en los desembarques del puerto de Santa Rosa en la provincia de Santa Elena-Ecuador”**, elaborado por **Luis Humberto Torres Salcedo**, 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



BLGA. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M. Sc
DOCENTE DE ÁREA
C.I. 0922584982

DEDICATORIA

En esta etapa de la culminación del trabajo de integración, dedico este logro a Dios, que me brindo sabiduría y fuerzas para poder seguir adelante y terminar esta etapa académica.

A mis padres que han sido el constante apoyo en cada paso que he tenido, me han ayudado mucho en permanecer y tener mi juicio en caminado hacia la culminación de este trabajo, nunca me cansare de darle las gracias por todo lo que han hecho por mí, los amo mucho.

A mis abuelitos que siempre han estado ahí para mí, apoyándome y aconsejándome y a conseguir todos mis logros. A mi abuelita Alicia que siempre la llevare en mi corazón, aunque ya no estes aquí, agradeceré infinitamente todo lo que hizo para que pudiera alcanzar mi título universitario.

A mi novia y futura madre de mis hijos, la cual ha sido la persona que más alegría ha traído a mi vida te adoro con todo mi corazón. Y no ultimo y menos importante a mi Hijito que viene en camino Bastian, el cual es y seguirá siendo el motor para poder alcanzar todas mis metas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco la dedicación y paciencia que tuvo mi tutora, Blga. Jodie Darquea Arteaga, MSc. La cual estuvo en constante revisión y aconsejándome sobre mi tema de titulación; Su guía ha sido invaluable en cada etapa de este proyecto.

Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), quien me permitió seguir la tutoría dentro del centro de investigación.

Al Tnlgo. Pacheco Bedoya José Luis, quien compartió su conocimiento del tema guiando y aconsejando sobre las respectivas metodologías aceptadas que se adecuaron al tema.

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena quien desde sus inicios lleno de conocimiento y pasión la forma de ver la carrera, al igual que el cuerpo docente.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Luis Humberto Torres Salcedo** 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: 16 de Julio del 2024



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.
PROFESOR/A DE ÁREA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. Jodie Darquea Arteaga, M.Sc.

DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, MGs.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ledo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.

SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Torres Salcedo Luis Humberto**, me hago responsable por las ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan en esta tesis. Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este trabajo de integración curricular a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA (UPSE), según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Torres Salcedo Luis Humberto

C.I. 1207949064

Índice

Resumen.....	17
Abstract.....	18
1. Introducción	19
2. Problemática.....	22
3. Justificación.....	23
4. Objetivos	24
4.1. Objetivo general.....	24
4.2. Objetivo específico	24
5. Hipótesis.....	25
6. Marco teórico	26
6.1. <i>Dosidicus gigas</i>	26
6.1.1. Taxonomía del calamar gigante	26
6.1.2. Descripción de la especie.....	27
6.1.3. Morfología externa del calamar gigante	28
6.2. Migraciones activas y pasivas.....	30
6.2.1. Migraciones del calamar gigante en aguas ecuatorianas	31
6.3. Distribución en el Océano Pacífico.....	32
6.3.1. Distribución en el Ecuador.....	34
6.4. Pesca del calamar gigante en el Ecuador	35

	10
6.5. Puertos de desembarques y embarcaciones	37
7. Metodología	39
7.1. Área de estudio	39
7.2. Diseño de estudio	40
7.2.1. Tipo de muestreo.....	40
7.3. Fase de campo.....	40
7.3.1. Peso del manto	41
7.4. Análisis de datos	42
7.4.1. Estructura de tallas.....	42
7.4.1.1. Distribución de frecuencia en función a las tallas	42
7.4.1.2. Intervalos de talla.....	43
7.4.1.3. Clases modales mensuales de tallas.....	44
7.4.1.4. Grupos modales totales de tallas.....	44
7.4.1.5. Análisis Clústers – Jerárquico (K- means).....	45
7.4.3. Variabilidad en las distribuciones de (LM) y (PM) entre las épocas estacionales seca y lluviosa.....	48
7.4.3.1. Análisis LOESS	48
7.4.3.2. Wilcoxon-Mann-Whitney test.....	49
8. Resultados.....	50
8.1. Análisis de estructura de tallas.....	50

8.2.	Identificación de los grupos modales.....	51
8.2.1.	Clases modales mensuales	51
8.2.2.	Clases de tallas de Longitud del Manto (LM) para identificación de grupos modales totales53	
8.3.	Peso del manto (PM).....	57
8.3.1.	Pesos de las clases de tallas	57
8.3.2.	Peso del manto (PM) y grupos modales de tallas	59
8.4.	Distribución talla y peso del manto en épocas estacionales	63
8.4.1.	Longitud del manto (LM) y peso del manto (PM).....	63
8.4.2.	Análisis LOESS	65
8.4.3.	Test de Wilcoxon-Mann-Whitney	67
9.	Discusiones.....	68
10.	Conclusiones	73
11.	Recomendaciones	74
12.	Bibliografía	75
13.	Anexos	82

Índice de figuras

Figura 1. <i>Dosidicus gigas</i>	26
Figura 2. Morfología externa del <i>Dosidicus gigas</i>	29
Figura 3. Distribución y registro histórico de <i>Dosidicus gigas</i>	32
Figura 4. Distribución espacial de las capturas de <i>Dosidicus gigas</i> en el Golfo de Guayaquil.	34
Figura 5. Pesca por Potera del <i>Dosidicus gigas</i>	36
Figura 6. Ubicación geográfica del puerto pesquero artesanal Santa Rosa.	39
Figura 7. Ubicación del manto, <i>D. gigas</i>	41
Figura 8. Histograma de frecuencia de longitud del manto en intervalos de 4cm LM....	50
Figura 9. Grupos modales de Longitud del manto (LM), representados por clúster.	54
Figura 10. Histograma de distribución de frecuencia en función a las tallas del manto de <i>D. gigas</i> . Para el grupo modal 1.	55
Figura 11. Histograma de distribución de frecuencia en función a las tallas del manto de <i>D. gigas</i> . Para el grupo modal 2.	55
Figura 12. Histograma de distribución de frecuencia en función a las tallas del manto de <i>D. gigas</i> . Para el grupo modal 3.	56
Figura 13. Distribución de Peso del manto (PM).	58
Figura 14. Boxplot que muestra la variabilidad de los datos del peso de manto (PM) referente a los grupos modales.	60
Figura 15. Comparación de los grupos modales de LM según la prueba de Dunn con corrección de Bonferroi.	63

Figura 16. Relación peso-talla del manto de dispersión con curva de ajuste polinómica durante la estación seca.....	64
Figura 17. Relación peso-talla del manto de dispersión con curva de ajuste polinómica durante la estación lluviosa.....	64
Figura 18. Modelamiento en 3D del gráfico de dispersión LOESS, relación entre PM (gr) promedio de cada Talla (cm) por cada estación.....	66
Figura 19. Comparación de significancia entre variables de peso y talla del manto en las diferentes épocas estacionales.....	67

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de intervalos de tallas de longitud del manto (LM) en función a las frecuencias.	51
Tabla 2. Tabla de clases modales de longitud del manto (LM) mensuales aplicando el método de Bhattacharya (1967).	52
Tabla 3. Tabla de grupos modales de LM (cm) del Calamar gigante acorde al análisis de K-means clustering.	53
Tabla 4. Pesos agrupados en intervalos de clase de tallas.	57
Tabla 5. Peso promedio del manto del Calamar (<i>D. gigas</i>) agrupados en relación con los grupos modales.	59
Tabla 6. Prueba no paramétrica de Kruskall Wallis	61
Tabla 7. Análisis test de Dunn con corrección de Bonferroni para la comparación de pesos entre grupos modales.	61
Tabla 8. Tabla de distribución de tallas de LM y PM para época seca y lluviosa del <i>D. gigas</i> . en los desembarques del puerto de Santa Rosa Santa Elena.	65

Índice de anexos

Anexo A. Tabla de toma de datos biométricos.	82
Anexo B. Tabla total de datos muestreados por los meses de estudio.....	83
Anexo C. Grupos modales de LM (cm) del Calamar gigante del acorde al análisis de K-means clustering. Clusters de datos de tallas con K=3 / K-means	84
Anexo D. Frecuencia de tallas por meses de estudio.....	85
Anexo E. Medición de la longitud del manto del <i>Dosidicus gigas</i>	86
Anexo F. Toma del peso del manto del <i>Dosidicus gigas</i>	86
Anexo G. Anexo G. Visita del docente tutor al área de estudio.	87
Anexo H. Observación del <i>Dosidicus gigas</i>	87
Anexo I. Manto del <i>Dosidicus gigas</i>	88
Anexo J. Facilidad pesquera del puerto de Santa Rosa.....	88

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

LM Longitud del Manto

PM Peso del Manto

cm. Centímetros

gr Gramos

IPIAP Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca **PO** Pacífico oriental

TSM Temperatura de la superficie del mar

FDE Función de distribución empírica

Resumen

El presente estudio se centra en la distribución de tallas del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en Ecuador, la pesca del calamar puede realizarse mediante pesca dirigida, utilizando líneas de mano con poteras (jigging), o por pesca incidental en redes de enmalle a la deriva. Sin embargo, se carece de información detallada sobre los volúmenes de desembarque y las tallas de los organismos capturados. El objetivo de esta investigación es determinar la distribución de tallas y pesos del *Dosidicus gigas* desembarcados en el Puerto de Santa Rosa, provincia de Santa Elena, y establecer relaciones para análisis de grupos modales durante las estaciones seca y lluviosa. El estudio se llevó a cabo desde julio de 2023 hasta marzo de 2024 en el puerto pesquero de Santa Rosa. Se recolectaron organismos una vez eviscerados por los pescadores y se registraron datos biométricos, obteniéndose la longitud del manto (LM) y el peso del manto (PM). Se analizaron 1.352 calamares gigantes, identificándose tres grupos modales con longitudes de $27\pm 2,7$ cm, $40\pm 3,8$ cm, y $47\pm 2,8$ cm. Se compararon los pesos correspondientes utilizando la prueba de Dun con corrección de Bonferroni, demostrando que los grupos modales 1 y 2 no presentaron diferencias significativas en comparación con otros grupos. El análisis de regresión no paramétrica LOESS indicó que la mayor abundancia de tallas y peso del manto correspondió con la estación seca.

Palabras claves: *Dosidicus gigas*, Grupos modales, longitud del manto, peso del manto, épocas estacionales

Abstract

The present study focuses on the size distribution of giant squid (*Dosidicus gigas*) in Ecuador, squid fishing can be done by directed fishing, using jigging hand lines, or bycatch in drift gillnets. However, detailed information on landing volumes and sizes of by-caught organisms is lacking. The objective of this research is to determine the distribution of sizes and weights of *Dosidicus gigas* landed in the Port of Santa Rosa, province of Santa Elena, and to establish statistical relationships between relevant variables to analyze the pattern of the modal groups during the dry and rainy seasons. The study was carried out from July 2023 to March 2024 in the fishing port of Santa Rosa. Organisms were collected once eviscerated by the fishermen and biometric data were recorded, obtaining the mantle length (LM) and the weight of the mantle (PM). A total of 1,352 giant squid were analyzed, identifying three modal groups with lengths of 27 ± 2.7 cm, 40 ± 3.8 cm, and 47 ± 2.8 cm. The corresponding weights were compared using the Dun's test with Bonferroni's correction, demonstrating that modal groups 1 and 2 did not present significant differences compared to other groups. The nonparametric regression analysis LOESS indicated that the highest abundance of sizes and weight of the mantle corresponds to the dry season.

Keywords: *Dosidicus gigas*, Modal groups, mantle length, mantle weight, seasonal seasons

1. Introducción

El *Dosidicus gigas* (calamar gigante), es endémico del Pacífico oriental (PO) y por su abundancia sustenta la pesquería de calamar más grande del planeta (Morales-Bojórquez, 2001, Markaida & Gilly, 2016). Su distribución geográfica ha aumentado en los últimos años a través del corredor de Humboldt, encontrándose en aguas templadas y subpolares del Pacífico en las costas de América del Sur, Norteamérica y algunos lugares del Océano Atlántico suroriental. A pesar de ello, no se considera una especie cosmopolita debido a su rango limitado de distribución y se encuentra principalmente en zonas del Pacífico (Akiko, 2010). Donde a nivel mundial, entre 2017 y 2020, se desembarcaron en todo el mundo unas 3.446 toneladas de calamar gigante correspondiente a China el 44%, Perú el 37%, y Chile el 19% las mayores capturas (FAO, 2022).

El calamar gigante, *D. gigas*, es el representante de mayor tamaño de la familia Ommastrephidae, que puede llegar a medir hasta 120 cm de longitud dorsal de manto, 2,5 m de longitud total, y alcanzar la madurez sexual entre los 50 a 70 cm de longitud del manto y un peso hasta 65 kilogramos (Rosa, 2013). Aunque variables ambientales, pueden influir en su ciclo de vida. Acorde a Arkhipkin et al. (2015) sugirieron que una alta temperatura superficial del mar provoca en *D. gigas* un ciclo de vida más corto (de aproximadamente 1 año), mientras que, a bajas temperaturas, el ciclo de vida es más largo (mayor a un año o 2).

Para el caso de Ecuador, la pesca de del *D. gigas* ha sido reportada desde 1999, capturándose de forma incidental con redes de trasmallo y enmalle; y utilizado principalmente como carnada para la pesca de *Coryphaena hippurus* (Dorado) (IPIAP, 2018); sin embargo, a partir del 2014 se consideró al calamar gigante como pesca objetivo, para consumo humano, capturándose principalmente con aparejos artesanales denominados poteras. La cual consiste en un multifilamento de un metro de longitud, donde se colocan señuelos de coloración variable,

posterior a estos señuelos se coloca en el extremo de la línea un peso de 1kg (Pons, Lorenzo, & Domingo, 2015).

Según Pacheco (2021), esta especie en Ecuador tiene una distribución estacional, con tres temporadas de pesca anuales relacionadas con la presencia de las aguas frías de la Corriente de Humboldt: temporada baja (enero a abril), temporada media (mayo a junio/ noviembre-diciembre) y temporada alta (julio-octubre).

Encontrándose desembarques totales durante el periodo del 2019 al 2021 de 7 585.2 t (2019), 4 237.9 t (2020) y 343.8 t (2021), de calamar gigante en Ecuador, registrados principalmente en los puertos pesqueros de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena y El Oro, siendo estas capturas provenientes de la pesca dirigida y la pesca incidental del recurso (IPIAP, 2021). Donde la distribución de frecuencias de las clases de tallas de los individuos muestreados en diferentes caletas pesqueras del país, para el 2019, 2020 y 2021, se registraron dos grupos de clases de tallas de longitud de manto (LM), en donde los organismos analizados se dividieron en dos categorías según la longitud del manto. LM del primer grupo varió de 12 a 30 cm con una moda de 25 cm, y LM del segundo grupo varió de 31 a 50 cm con una moda de 40 cm. Cabe destacar que el 52,5% de los organismos estudiados superó la LM correspondiente a la primera madurez estimada, que es de 33,2 cm (Pacheco, 2021).

Categorizar la distribución de frecuencia permite identificar estructuras y patrones en los datos relacionados con las tallas de los individuos con los grupos modales, los cuales representan a un subconjunto de individuos que comparten características similares en términos de tallas y peso, lo que puede indicar la presencia de diferentes cohortes o características biológicas distintas (Yamashiro Guinoza, 2018).

Durante el 2020, los desembarques en el puerto pesquero de Santa Rosa registraron del 88% de los organismos de *D. gigas* hembras y 12% machos con pesos promedios de 586.2 g para las hembras y 284.3 g para machos (Pacheco, 2020). Hernández Trejo, (2014) concluye que, relacionar la talla y el peso de los individuos de una especie, es necesaria para obtener información importante sobre la estructura de la población en términos de tamaño y peso.

Por lo cual, este estudio determinará la distribución de tallas del *D. gigas* desembarcados en el puerto de Santa Rosa, estableciendo relaciones estadísticas entre variables relevantes como el peso para el análisis del patrón de los grupos modales, lo que permitirá conocer la composición de la población en términos de las diferentes categorías de tamaño presentes. Esto proporciona información sobre la distribución de los individuos en diferentes clases de tallas y peso, ayudando a comprender cómo se distribuyen en la población.

2. Problemática

Determinar la estructura en tallas del calamar gigante en Ecuador es importante en la investigación pesquera y la conservación marina. En el país la captura de calamar gigante puede obtenerse por medio de la pesca dirigida se caracteriza por utilizar líneas de mano con poteras (jigging) o por la pesca incidental que se da en las redes de enmalle a la deriva (IPIAP, 2021). Desconociéndose detalladamente los volúmenes de desembarque de las capturas incidentales. Y, las tallas de los organismos desembarcados, por la falta de reportes y monitoreo en los puertos pesqueros. Por lo que no se han elaborado regulaciones básicas para reportar la captura de este organismo, y establecer un control con relación a las tallas y épocas de captura de este recurso. Cuando se capturan calamares muy grandes, se está eliminando a aquellos individuos que podrían contribuir en mayor medida a la reproducción y supervivencia de la especie.

Sumado a esto el calamar gigante tiene patrones de distribución que pueden ser irregulares y migratorios, dependiendo de las condiciones oceanográficas y los cambios estacionales. Estos movimientos pueden hacer que las tallas de los individuos registrados varíen en diferentes áreas y en diferentes momentos, lo que dificulta establecer una distribución de tallas constante y uniforme en el Ecuador a lo largo del tiempo.

3. Justificación

La presente investigación se enfoca en el análisis de la estructura en tallas de *D. gigas*, desembarcado en el puerto de Santa Rosa, donde se recopilará datos de talla y peso del manto, durante el periodo de julio de 2023 hasta marzo de 2024.

La evaluación sobre la distribución de la frecuencia de tallas del calamar gigante en el Puerto de Santa Rosa, será fundamental para poder generar una mejor visión, sobre la composición de la población en tallas, lo que ayudaría a comprender la dinámica de la población, el crecimiento de la LM en los individuos.

La relación talla y peso del *D. gigas*, ayudara a comprender la distribución de tamaños en la población que se encuentra en la zona y poder estimar el rendimiento de la pesca. Favoreciendo al establecimiento de medidas de conservación y manejo adecuadas en el futuro, así como límites de captura basados en tallas, tamaños mínimos de captura y regulaciones de pesca selectiva para proteger las cohortes más jóvenes y asegurar la sostenibilidad de la pesquería.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Determinar la distribución de tallas y peso del *Dosidicus gigas* (calamar gigante) desembarcados en el Puerto de Santa Rosa de la provincia de Santa Elena, estableciendo relaciones estadísticas entre variables relevantes para el análisis del patrón de los grupos modales durante la época estacional seca y lluviosa.

4.2. Objetivo específico

- Analizar la distribución de frecuencia en función a las tallas (LM) para la identificación de grupos modales.
- Relacionar el peso del manto (PM) con los grupos modales identificados mediante pruebas estadísticas.
- Evaluar la variabilidad en las distribuciones de (LM) y (PM) entre la época estacional seca y lluviosa.

5. Hipótesis

H0: Existen diferencias en las distribuciones de tallas (LM) y (PM) del *Dosidicus gigas* entre la temporada seca y lluviosa en los desembarques en el puerto de Santa Rosa en la provincia de Santa Elena.

6. Marco teórico

6.1. *Dosidicus gigas*

6.1.1. Taxonomía del calamar gigante

Reino: Animalia

Filo: Mollusca

Clase: Cephalopoda

Orden: Oegopsida

Familia: Ommastrephidae

Subfamilia: Ommastrephinae

Género: *Dosidicus*

Especie: *gigas*

Figura 1.
Dosidicus gigas.



Nota. Adaptado de *Dosidicus gigas*, WordPress, 2019.

La taxonomía y filogenia del *Dosidicus gigas*, han sido objeto de estudio. Se han realizado evaluaciones morfométricas de las mandíbulas inferiores y superiores de ejemplares capturados en el Océano Pacífico Suroriental. Estas mediciones revelaron un crecimiento alométrico en los picos de los calamares, lo que significa que su tamaño no crece proporcionalmente al tamaño del cuerpo (Serrano & Guallart, 2011). Estos hallazgos son relevantes para estudios relacionados con la edad y el crecimiento de los calamares, el análisis del contenido estomacal, la identificación de especies y la comparación de poblaciones. Además, se ha realizado una segunda evaluación amplia sobre el tema en 2020 (Naciones Unidas, 2021). El autor-editor Pedro Ayala Gómez ha contribuido

significativamente a la comprensión de la taxonomía y filogenia del *Dosidicus gigas*, con una amplia experiencia en biología pesquera y conservación de recursos naturales (Ayala, 2011).

En Ecuador, los estudios de identificación y clasificación taxonómica de calamares se iniciaron entre abril y junio de 1979 a bordo del R/V Tohalli (Instituto Nacional de Pesca, Ecuador), capturándose calamares mediante un sistema de pesca con maquinaria automática (robotizadas) con poteras fosforescentes (jigging). (Morales Bojórquez & Pacheco Bedoya, 2016).

6.1.2. Descripción de la especie

Aspectos generales del calamar gigante:

- Hábitos alimentarios: El *D. gigas* es un depredador oportunista, principalmente ictiófago (se alimenta de peces exocétidos preferentemente) y secundariamente malacófago (incluye el canibalismo) y carcinófago. Se ha observado que su dieta varía dependiendo de su etapa de crecimiento (Ulloa, 2006).

- Edad y crecimiento: La edad y crecimiento de los juveniles del *D. gigas* en el océano Pacífico frente a Perú, se determinó mediante el análisis de anillos diarios en estatolitos, encontrándose una tasa de crecimiento absoluta varía desde 0,82 mm/día para un calamar de 20 días hasta 2,35 mm/día para un ejemplar de 88 días (Vigo, 2019). Y, puede alcanzar hasta 2 metros de longitud y pesar hasta 45 kg. Es un calamar depredador y agresivo que puede cambiar de color, emitir destellos de luz y expulsar tinta.

- Condición reproductiva: En la zona costera del centro-sur de Chile, se ha estudiado la condición reproductiva del *D. gigas*. Se encontró que la mayoría de los calamares registrados eran inmaduros, y solo se encontraron hembras maduras, lo que sugiere que el desove se produce en aguas oceánicas en Chile (Ibáñez et al., 2019).

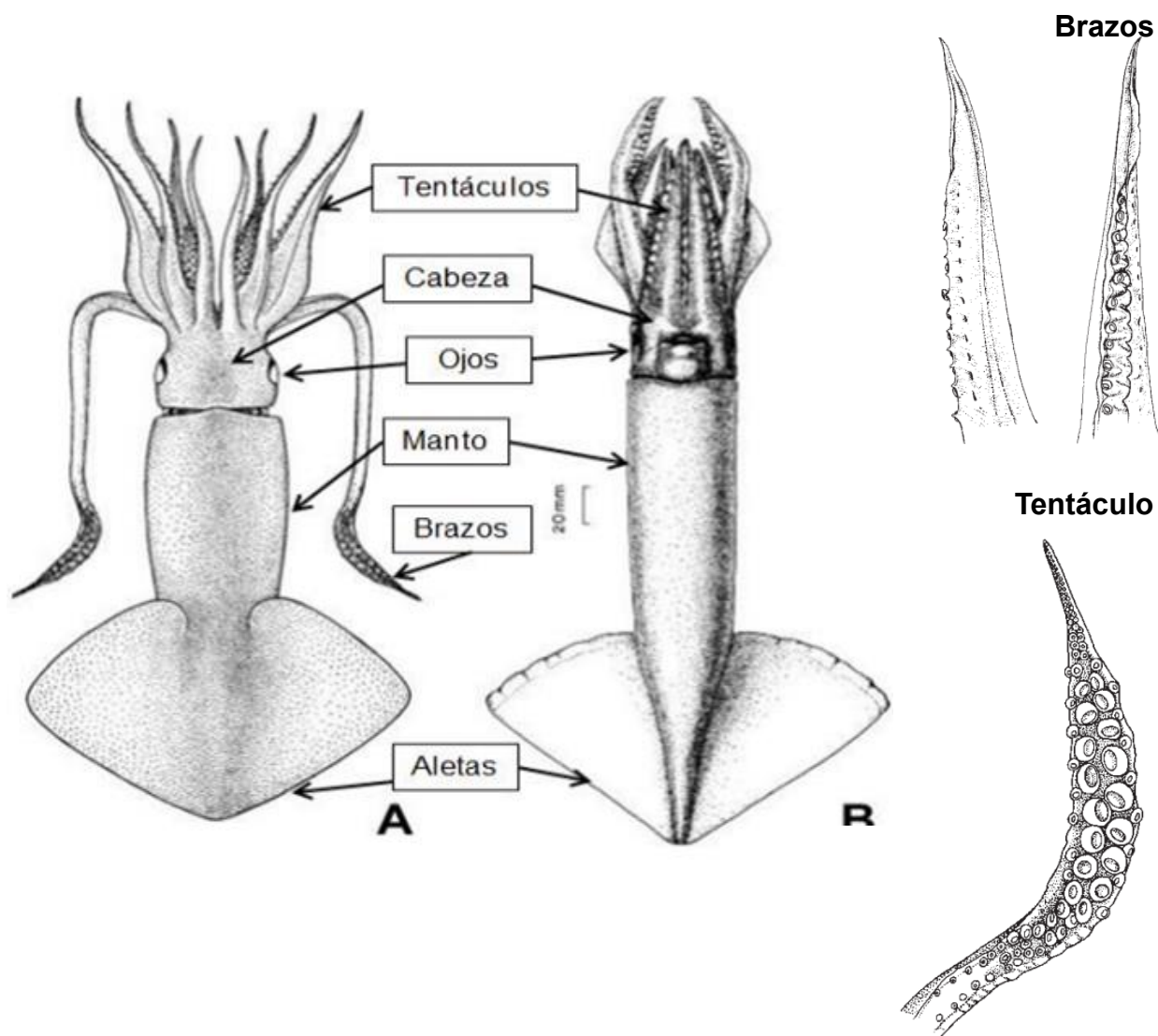
Se conoce poco sobre los hábitos reproductivos del calamar, pero su esperanza de vida es de aproximadamente un año y generalmente se reproducen solo una vez. Es una especie muy pescada frente a la costa de México y también se utiliza como cebo y se consume enlatado en algunos mercados (Jerep et al., 2010).

- Pesca dirigida y pesca incidental: En Ecuador, el calamar gigante se utiliza comúnmente como cebo para palangres de deriva, que se dirigen a especies de peces pelágicos grandes como: el atún, dorado, pez espada, entre otros. Además, se ha observado que la flota artesanal captura calamares gigantes de forma accidental con redes de enmalle superficial a la deriva (Maynez 2018).

6.1.3. Morfología externa del calamar gigante

Según IMARPE (2018) describe que la especie de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) presenta características morfológicas distintivas que la definen a nivel taxonómico. Su manto es de forma cónico-cilíndrica, con el mayor diámetro en la porción media y que se va reduciendo hacia la región posterior, donde se insertan las aletas de forma romboidal y ancha. El sifón es robusto y con una profunda invaginación, mientras que la foveola o hendidura que permite el paso del sifón en la parte posterior de la cabeza cuenta con un número promedio de 7 pliegues, acompañados de 4 a 5 pliegues laterales. Otra característica notable es la presencia de una bifurcación en forma de "T" invertida en el cartílago de unión del manto con la cabeza, rasgo distintivo de la familia Ommastrephidae a la que pertenece esta especie.

Figura 2.
Morfología externa del Dosidicus gigas.



Nota. Adaptado de morfología externa del *Dosidicus gigas* Boletín IMARPE, 2018 & Fao, 2010.

El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) se caracteriza por presentar una cabeza con dos grandes ojos globulosos dispuestos lateralmente y con proyección anterior, careciendo de párpados (Oegopsida). Además, posee un pico grande y robusto (Jereb y Roper, 2010).

En cuanto a sus brazos, éstos son iguales en tamaño, a excepción del cuarto brazo derecho o izquierdo de los machos, el cual se encuentra hectocotilizado, es decir, modificado para funcionar como órgano copulador, careciendo de ventosas y pedúnculos en la punta, y presentando membranas protectoras perforadas y engrosadas (Jereb y Roper, 2010).

La superficie ventral del manto, la cabeza y los brazos III y IV cuentan con pequeños fotóforos subcutáneos, los extremos de los brazos son angostos y poseen de 100 a 200 ventosas diminutas, cuyos anillos córneos presentan de 8 a 25 diente-cillos. Los tentáculos, más delgados que los brazos, tienen el doble de longitud, con las ventosas de la pala tentacular dispuestas en cuatro hileras. La coloración de la piel varía desde el rosa pálido hasta el púrpura, pasando por tonos cafés (Markaida, 2001).

6.2. Migraciones activas y pasivas

El calamar gigante presenta diferentes tipos de migraciones a lo largo de su ciclo de vida según el Boletín del Instituto del Mar del Perú (2018), existen migraciones pasivas, en las cuales los huevos, larvas, juveniles inclusive algunos adultos son transportados por las corrientes marinas.

Por otro lado, también se observan migraciones activas, donde los juveniles y adultos se desplazan por sus propios medios. Adicionalmente, esta especie es conocida por emprender amplias migraciones verticales y horizontales, las cuales se encuentran asociadas a sus hábitos alimenticios y reproductivos. Estas migraciones verticales pueden abarcar desde la superficie hasta

profundidades que superan los 800 metros, e incluso llegar a más de 1200 metros en un ciclo diario (Boletín del Instituto del Mar del Perú 2018).

Este patrón de migración, tanto pasiva como activa, vertical y horizontal, es una característica fundamental de la biología y ecología del calamar gigante, y tiene importantes implicaciones en su distribución y disponibilidad para la actividad pesquera.

6.2.1. Migraciones del calamar gigante en aguas ecuatorianas

El calamar gigante presenta patrones de movimiento horizontales diurnos y vertical nocturnos en función de las variaciones en la temperatura del agua, influenciados por la corriente de Humboldt. Durante los meses de enero a abril, se distribuye con menor frecuencia en las aguas limítrofes con Perú y el Golfo de Guayaquil (Pacheco, 2022).

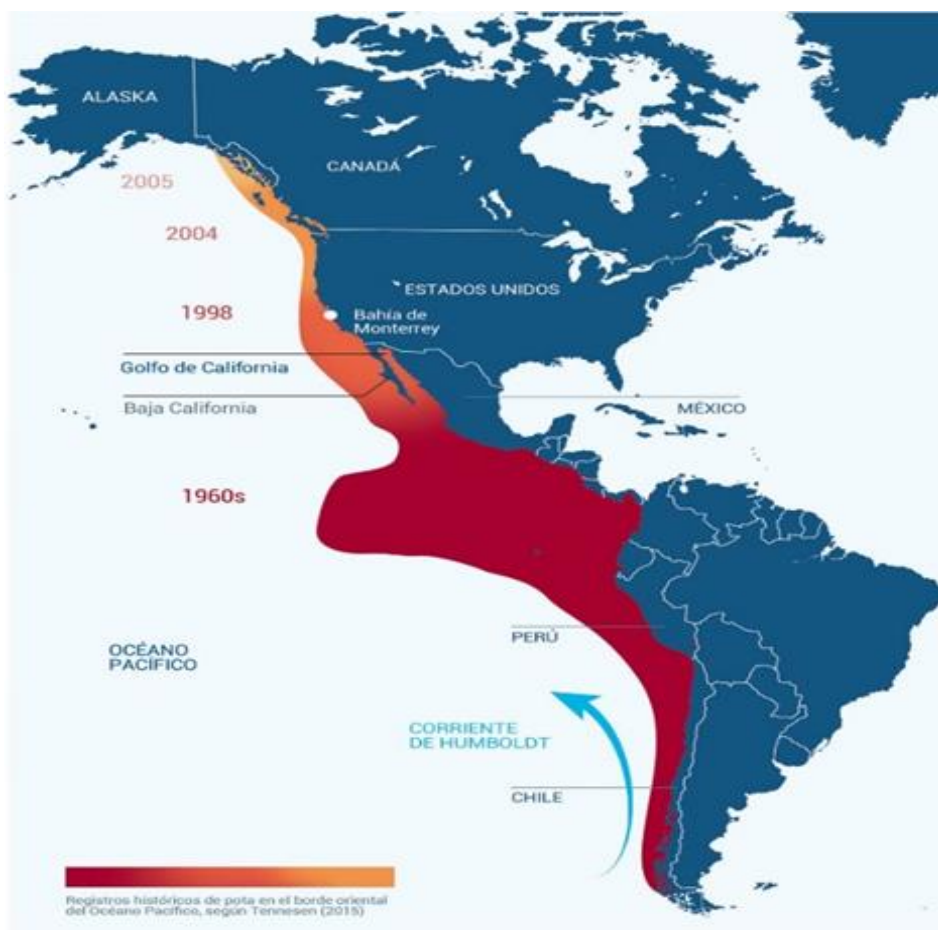
Sin embargo, a partir de mayo y junio, se observa un gradual aumento de su abundancia frente a la costa de la provincia de Santa Elena. Entre julio y octubre, la distribución y abundancia del calamar gigante se incrementa a lo largo de toda la costa ecuatoriana, para luego disminuir nuevamente en los meses de noviembre y diciembre (Pacheco, 2015). Asimismo, esta especie ha sido registrada en las Islas Galápagos, aunque se conoce poco sobre los niveles de abundancia en esa zona (Pacheco, 2021).

No obstante, se considera que las aguas de las Galápagos tienen un gran potencial para la pesquería del calamar gigante (Pacheco, 2021).

6.3. Distribución en el Océano Pacífico

Se distribuye a lo largo del Océano Pacífico oriental, desde California hasta el sur de Chile (Nesis, 1983; Nigmatullin et al., 2001) y verticalmente desde la superficie hasta los 1000 m de profundidad aproximadamente. Se encuentra distribuido en las aguas del Pacífico oriental, desde Tierra del Fuego hasta California, aunque ha migrado cada vez más al norte según los estudios realizados entre 1984 hasta 2010 (Zavala et al., 2010).

Figura 3.
*Distribución y registro histórico de *Dosidicus gigas*.*



Nota. Adaptado de Distribución y registro histórico de *Dosidicus gigas*, Tennesen, M, 2015.

La distribución del calamar gigante exhibe variaciones estacionales e interanuales, las cuales parecen estar influenciadas por una serie de factores diversos. Según investigaciones, estas variaciones pueden estar asociadas a condiciones ambientales y oceanográficas (Lluch-Cota et al. 1999; Morales-Bojórquez et al. 2001; Nevárez-Martínez et al. 2002; Markaida 2006).

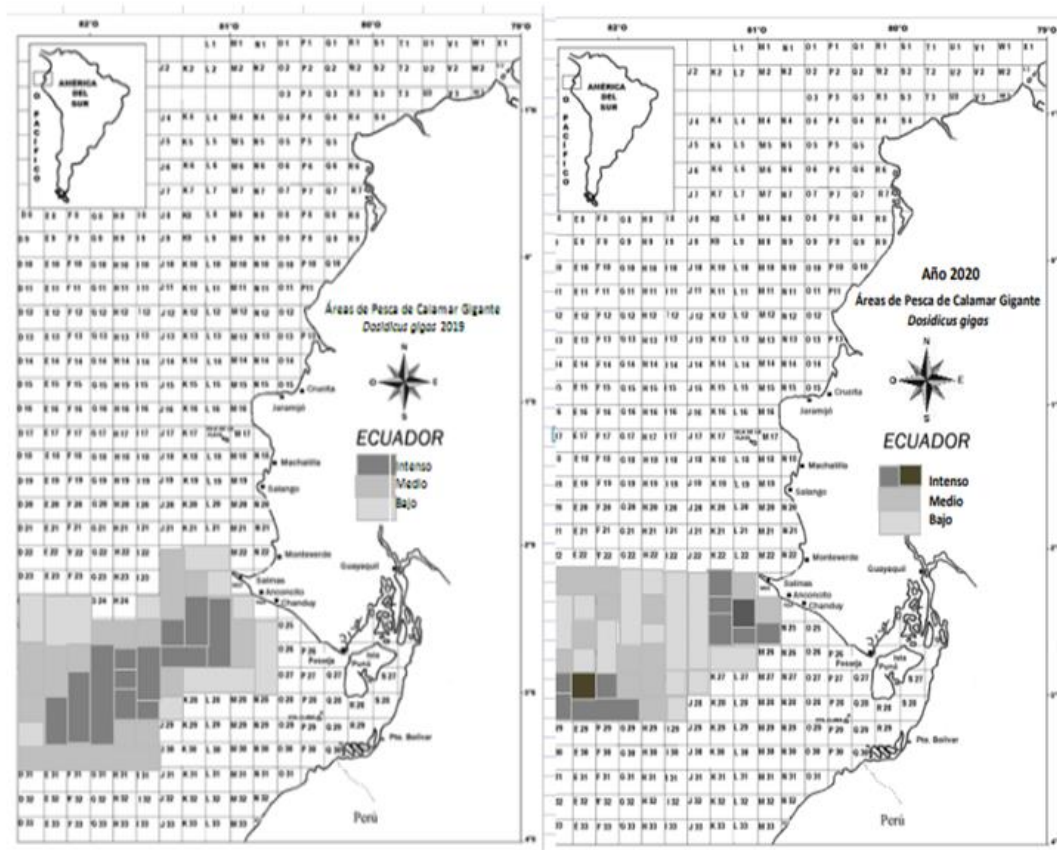
Adicionalmente, los patrones migratorios relacionados con la alimentación y la reproducción, así como el éxito en el reclutamiento de la especie, podrían ser determinantes en los cambios observados en la distribución del calamar gigante (Klett-Traulsen 1981; Ehrhardt et al. 1982, 1986; Ramírez y Klett-Traulsen 1985).

6.3.1. Distribución en el Ecuador

En el Ecuador, la distribución del calamar gigante comienza en la zona de influencia de las aguas costeras y posteriormente se desvía hacia las islas Galápagos, alcanzando hasta 200 millas náuticas. Luego, el calamar continúa su desplazamiento por aguas adyacentes e internacionales fuera del límite de las 200 millas náuticas, para finalmente conectarse con las aguas insulares de las islas Galápagos (Cámara Nacional de Pesquería, 2020).

Figura 4.

*Distribución espacial de las capturas de *Dosidicus gigas* en el Golfo de Guayaquil.*



Nota. Adaptado de Distribución espacial de las capturas de *Dosidicus gigas* en el Golfo de Guayaquil, Pacheco, 2022.

Según Pacheco (2022), en el Ecuador las capturas de *Dosidicus gigas* se concentran en la zona sur de Punta de Santa Elena y en la parte suroeste del Golfo de Guayaquil, extendiéndose hasta la frontera con Perú, entre las latitudes 02°. y 03° S 25°, longitud 84°. La mayor concentración de pesca se registró en la parte suroeste de la Bahía de Guayaquil, principalmente en zonas con temperaturas superficiales del mar (TSM) entre 19,5°C y 22,5°C.

6.4. Pesca del calamar gigante en el Ecuador

La pesca del *D. gigas* en Ecuador ha experimentado cambios significativos en los últimos años. Anteriormente, el calamar jumbo se capturaba incidentalmente con redes de trasmallo y redes de enmalle y se utilizaba como cebo para la pesca de peces de pico (Aroni, 2020). Sin embargo, en 2014, el objetivo de la pesquería cambió y el calamar jumbo comenzó a considerarse para consumo humano. Ante esta situación, el gobierno ecuatoriano aprobó nuevas normas de gestión para la pesca del calamar jumbo, adoptando un enfoque de gestión pasiva (Morales Bojórquez & Pacheco Bedoya, 2016). A partir de 2014, se implementó un control sobre el esfuerzo pesquero mediante la emisión de un número limitado de licencias de pesca. Actualmente, se otorgan un total de 36 licencias, de las cuales 30 son asignadas a la flota artesanal y 6 a los buques de pesca comercial (Morales Bojórquez & Pacheco Bedoya, 2016).

Estas medidas buscan regular la actividad pesquera y garantizar la sostenibilidad de la pesca del calamar gigante en Ecuador. Además, se espera que estas regulaciones contribuyan al bienestar de las comunidades pesqueras locales y eviten la sobreexplotación de los recursos marinos (Heffernan, 2023).

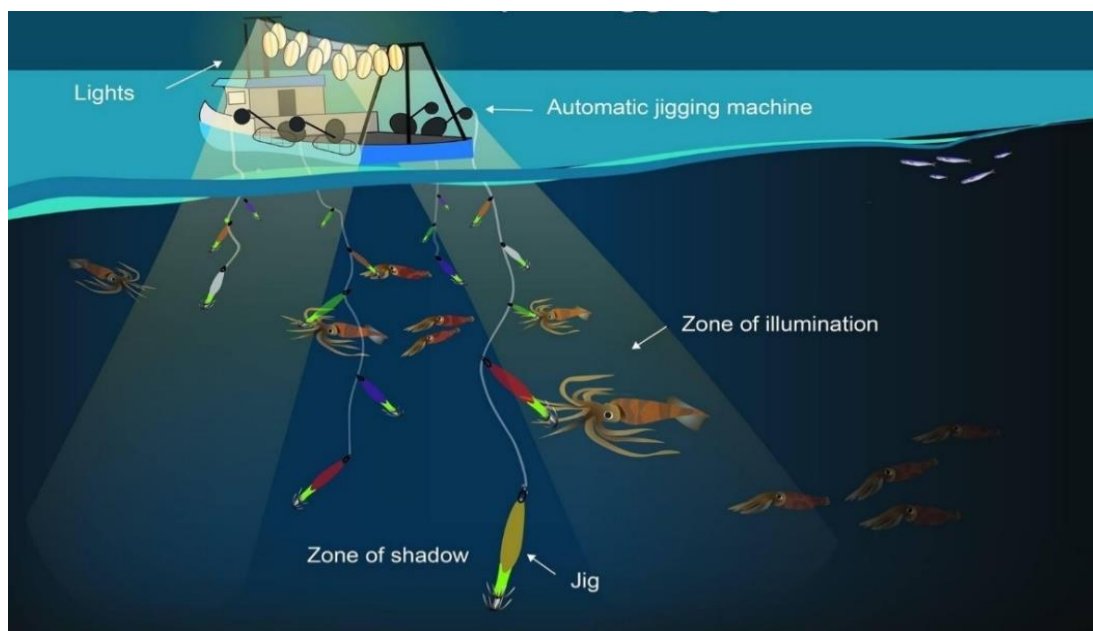
El arte de pesca utilizada para la captura de calamar es la potera con línea de mano, (donde en el extremo de la línea prenden de 2 a 3 poteras seguido de un peso (plomo), en donde acorde a los sitios, usan diferentes técnicas para la captura del recurso, siendo así; el manejo de focos de

alta intensidad de luz y en algunos casos reflectores, para atracción del recurso. Como sistema de anclaje tiene un paracaídas o parachute o anchor, llamado localmente “sianca” confeccionado de sacos de polipropileno “PE” reforzados con paño anchovetero. Este arte de pesca es utilizado por los pescadores artesanales, cuya acción es lanzar la línea potera “pinteando” hasta que enganche en la pota para luego “cobrar” (izar) la captura (Alarcón et al., 2019).

En Ecuador, la pesca artesanal permite el uso de este arte de pesca de la red de enmalle superficial, mientras que en la pesca industrial se sugiere el uso de poteras (Figura 5) a través de sistemas de máquinas, ya sean manuales o automáticos. Esto se debe a que la línea de mano, que ha sido utilizada durante mucho tiempo, siendo esta un tipo de aparejo de pesca pasivo compuesto por una lienza, ya sea de mono o multifilamento (Ramírez, 2019). La flota artesanal también captura calamares jumbo de forma accidental con redes de deriva de malla de 5 pulgadas.

Figura 5.

*Pesca por Potera del *Dosidicus gigas*.*



Nota. Adaptado de Pesca por Potera del *Dosidicus gigas*, por Australian Government, 2023.

Los datos biológicos sobre la pesca del calamar gigante en el Ecuador inicio desde el 2014 y relacionados con la pesca son limitados sabiéndose poco sobre esta especie (Morales Bojórquez & Pacheco Bedoya, 2016). Sin embargo, se dispone de datos de investigaciones para identificar y clasificar los calamares de aguas ecuatorianas desde 1979, cuando las especies más abundantes encontradas fueron *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835), *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson, 1830) y *Ommastrephes bartramii* (Lesueur, 1821).

6.5. Puertos de desembarques y embarcaciones

La flota pesquera artesanal ecuatoriana que captura este recurso opera de manera oportunista e intermitente, dependiendo de la disponibilidad del recurso. Los puertos en donde se registra los mayores desembarques del calamar gigante según Pacheco (2021) incluyen: Esmeraldas, Súa, Punta Galera y Muisne en la Provincia de Esmeraldas, Puerto López, Jaramijo, Manta, San Mateo en la Provincia de Manabí; en la Provincia de Santa Elena Anconcito y Santa Rosa; y en la Provincia de El oro el puerto Bolívar.

Dentro de la pesca en aguas ecuatorianas la pesca del *D. gigas* se presenta de manera específica e incidental, para ello se emplean dos tipos de Flotas: una embarcación nodriza, el segundo tipo de flota utilizan de uno a dos motores fuera de borda con potencia estimada de 40 a 75 HP. Los viajes para la captura de la especie objetivo duran entre una a cuatro noches, dependiendo de la autonomía de la flota y el número de tripulantes, mientras que en las faenas de pesca tienen un tiempo de duración de 17:30pm hasta las 6:30 am.

Pacheco (2021) reportó que, aproximadamente 120 embarcaciones de los puertos pesqueros de Santa Rosa y Anconcito, en la provincia de Santa Elena, se han dedicado a actividades de pesca utilizando línea de mano y poteras (jigging) (Nedeléc y Prado, 1999). en el Golfo de Guayaquil. Adicionalmente, se reporta que 280 embarcaciones han registrado la captura

de calamar gigante como pesca incidental, empleando redes de enmalle superficial (Pacheco, 2021). No obstante, se ha observado que el esfuerzo pesquero dirigido específicamente al calamar gigante ha disminuido considerablemente en varios puertos pesqueros de Ecuador. Esto se atribuye a los efectos de la pandemia de COVID-19 y al hurto continuo de motores fuera de borda, factores que han impactado la actividad pesquera en la región (Pacheco, 2021).

7. Metodología

7.1. Área de estudio

El área de estudio en donde se realizó la parte experimental de la investigación fue en el puerto pesquero de interés comercial de la provincia de Santa Elena; Puerto Santa Rosa, ubicado en la parroquia Santa Rosa, cantón Salinas provincia de Santa Elena-Ecuador en las coordenadas: $2^{\circ}12'28.93''$ S; y $80^{\circ}56'58.75''$ O.

Figura 6.

Ubicación geográfica del puerto pesquero artesanal Santa Rosa.



Nota. Adaptado de Ubicación geográfica del puerto pesquero artesanal Santa Rosa, Google Earth, 2023.

7.2. Diseño de estudio

Los muestreos se llevaron a cabo en los meses de julio 2023, hasta marzo del 2024 de las cuales los ejemplares del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) se obtuvieron de los desembarques de la facilidad pesquera del puerto de Santa Rosa; se muestreo un mínimo de 40 organismos, mensualmente, durante los 8 meses de estudio.

7.2.1. Tipo de muestreo

Se realizó un muestreo biométrico al azar simple: el muestreo al azar simple implicó seleccionar individuos de esta especie de manera aleatoria y equitativa de toda la población desembarcada de *D. gigas*. Donde individuo de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado, garantizando que la muestra resultante sea representativa.

7.3. Fase de campo

Los muestreos se realizaron una semana cada mes en el puerto Santa Rosa, basándose en las fases lunares, debido a que los organismos presentan mayor actividad en la fase de luna llena.

Para la toma de datos biométricos, se utilizaron materiales, como balanza digital, cinta métrica, calibrador de vernier, y bandejas de plásticos. Una vez en el puerto, se monitoreaban al azar los desembarques, que por lo general se producían entre las 7:00 am a 10 am.

Los calamares desembarcados en su mayoría estaban eviscerados, y en otros casos este proceso que se realiza en la facilidad pesquera del puerto de Santa Rosa, para obtener el manto y los tentáculos por separados, por ser la forma principal de comercialización.

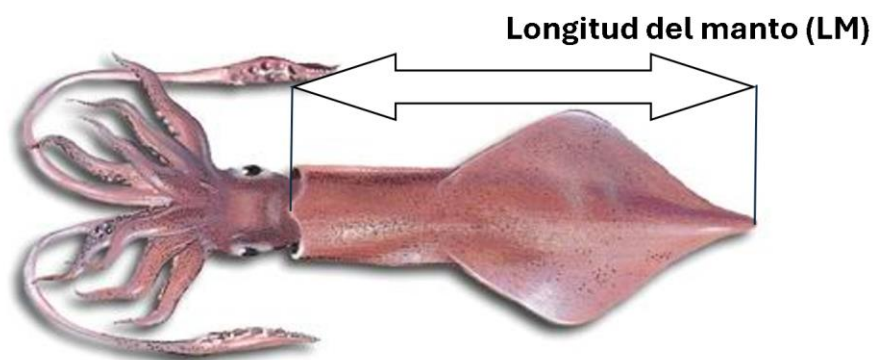
Una vez eviscerados, los calamares, eran colocados en una bandeja plana para la toma de datos merísticos.

7.3.1 Longitud del manto (LM)

Para el registro de la longitud del manto (LM), se tomó desde el extremo anterior del manto hasta el extremo posterior del mismo, excluyendo los brazos y tentáculos de la medición (Figura 7), dado que *D. gigas* tiende a un comportamiento agresivo con organismos de la misma especie generando la pérdida parcial de los tentáculos, no se consideran estos como una referencia real de la longitud. Las tallas se registraron en la escala de medición en centímetros (cm) redondeándolos al inmediato superior donde se utilizó una cinta métrica para la toma de la medida.

Figura 7.

Ubicación del manto, *D. gigas*



Nota. Adaptación de Ubicación del manto, *D. gigas*, Fon-fishing, 2013.

7.3.1. Peso del manto

Para la toma de pesos se usó una bandeja de plástico de 65x35cm con cortes en las esquinas laterales para filtrar el agua. Luego, se utilizó una balanza digital, calibrada antes del pesaje de cada manto, en donde la unidad de masa al utilizar fue en gramos (gr), respectivamente para el peso del manto (PM).

7.4. Análisis de datos

7.4.1. Estructura de tallas

7.4.1.1. Distribución de frecuencia en función a las tallas

Los datos de tallas obtenidos se organizaron en una hoja de registro (Anexo A), registrando la talla de cada individuo junto con la fecha de captura. Luego analizó la distribución de frecuencia haciendo uso del software estadístico Past versión 4.0.

La fórmula que se utilizó para calcular la frecuencia absoluta de una clase en una distribución de frecuencia simple fue:

$$f = n_i$$

Donde f es la frecuencia absoluta de la clase i y n_i es el número de observaciones en la clase i .

Para calcular la frecuencia relativa de una clase, se utilizó la fórmula:

$$h_i = f_i / N$$

Donde

h_i = es la frecuencia relativa de la clase i .

f_i = es la frecuencia absoluta de la clase i .

N es = el tamaño total de la muestra.

La frecuencia acumulada, tanto absoluta como relativa, se calculó sumando las frecuencias acumuladas de las clases anteriores.

7.4.1.2. Intervalos de talla

Con los datos de distribución de frecuencia de tallas de *D. gigas* durante el tiempo de muestreo se analizó la distribución de las tallas utilizando intervalos de longitud del manto (LM) ordenando de menor (X menor) a mayor (X mayor). Luego se determinó la amplitud del rango (A).

$$A = X \text{ mayor} - X \text{ menos}$$

En donde:

A = Amplitud del rango.

X mayor = Número mayor de tallas.

X menor = Número menor de tallas.

Para identificar el número de clase se aplicó la regla de Sturges (Sturges, 1926), con la fórmula:

$$K = 1 + 3.322 \text{ Log } N$$

En donde:

K = Número de clase.

N = Número total de organismos muestreados.

Una vez identificado los valores de la amplitud del rango y el número de clase se determinó el intervalo de clase utilizando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{A}{N}$$

En donde:

I= Intervalo de la clase.

A=Amplitud del rango.

N= Número total de organismos.

7.4.1.3. Clases modales mensuales de tallas

Para determinar las clases modales mensuales se realizó el análisis de progresión modal mediante método de Bhattacharya (1967). Este método permite descomponer los componentes normales de una distribución polimodal de frecuencias de tallas, donde cada componente corresponde a una cohorte de individuos. Esto se logra mediante el ajuste de regresiones a los logaritmos naturales de las frecuencias sucesivas, utilizando el programa estadístico FISAT II versión 1.1. indicando que el índice de separación debe ser >2 para que se considere correcta clasificación de los grupos.

7.4.1.4. Grupos modales totales de tallas

Para identificar dentro de la distribución de frecuencia de tallas de LM si existía más de un grupo modal, se utilizó la prueba no paramétrica de Dip de Hartigan para la unimodalidad (John A. Hartigan & P.M. Hartigan en 1985). Prueba estadística que se utiliza para evaluar si una muestra de datos proviene de una distribución unimodal. La prueba mide la diferencia máxima entre la función de distribución empírica (FDE) y la función de una distribución unimodal (Hartigan, 1985).

La diferencia máxima entre estas dos distribuciones se llama “dip”.

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i \leq x)$$

En donde:

I = función indicadora.

N = número total de datos

x_i = agrupación de datos, de menor a mayor

Distribución Unimodal de Mejor Ajuste: Se buscó la distribución unimodal $U(x)$ que mejor se ajusta a los datos en el sentido de minimizar la diferencia máxima con $F_n(x)$.

El dip se define como la máxima diferencia entre la FDE $F_n(x)$ y la distribución unimodal $U(x)$.

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - U(x)|$$

7.4.1.5. Análisis Clúster – No Jerárquico (K- means)

Para la determinación de los grupos modales de tallas de LM, se utilizó el análisis Clúster (K-means), que se utiliza para agrupar datos en grupos (o clústeres) basados en sus similitudes. El algoritmo K-means es un método de análisis de clústeres jerárquico que identifica grupos relativamente homogéneos basándose en las características seleccionadas (IBM, 2023).

Para la ejecución del análisis, previamente se determinó por medio del método de la silueta (técnica proporciona una representación gráfica) el número de clúster (clases de tallas) para utilizar en el criterio de clustering k-means (Edward W. Forgy, 1965).

Todos estos análisis estadísticos se realizaron mediante el lenguaje de programación R (R Core Team, 2014).

7.4.2. Clases de tallas y grupos modales en función de los pesos (PM)

Los PM correspondientes para cada intervalo de clase de tallas, se agruparon para obtener un análisis descriptivo univariado estadístico de los datos.

Y a los grupos modales que fueron identificados mediante el análisis clúster, se le aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis; en vista de que los datos no presentaron una distribución normal. (William Kruskal y W. Allen Wallis, 1952).

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

donde:

- $N=$ es el número total de observaciones en todos los grupos.
- $k=$ es el número de grupos.
- $R_i=$ es la suma de rangos para el grupo i .
- $n_i=$ es el número de observaciones en el grupo i .

El Test de Dunn con corrección de Bonferroni, se utilizó para comparar los pesos (PM) de los grupos modales e identificar las diferencias de la distribución de los pesos entre los grupos modales (Duun, 1964).

Se comparó la suma de rangos para la relación de par de grupo modal. Para dos grupos i y j , la estadística de prueba Z se calcula como:

$$Z_{ij} = \frac{R_i - R_j}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}}$$

donde:

R_i = Suma de los rangos del grupo i .

R_j = Suma de los rangos del grupo j .

N = El número total de observaciones en todos los grupos.

n_i = El número de observaciones en el grupo i .

n_j = El número de observaciones en el grupo j .

Y se utilizó la corrección de Bonferroni ajustó el nivel de significancia la prueba de Dunn.

$$\alpha' = \alpha / m \quad \alpha' = \alpha / m$$

Para cada par de grupos modales, se comparó el valor absoluto de Z_{ij} con el valor crítico de la distribución normal estándar correspondiente al nivel de significancia ajustado α'

Si $|Z_{ij}|$ es mayor que el valor crítico, se concluye que hay una diferencia significativa entre los dos grupos. (formula)

7.4.3. Variabilidad en las distribuciones de (LM) y (PM) entre las épocas estacionales seca y lluviosa.

Para determinar la variabilidad de las tallas y peso del manto del *Dosidicus gigas* (calamar gigante) entre las estaciones seca y lluviosa, se usó una combinación de regresión LOESS (Locally Estimated Scatterplot Smoothing) (Cleveland, 1988) para suavizar las tendencias de los datos y Wilcoxon-Mann-Whitney Test (1945) para evaluar la significancia de las diferencias entre las estaciones.

7.4.3.1. Análisis LOESS

Para el análisis LOESS, se dividió los datos en conjuntos distintos según las estaciones en la zona costera del Ecuador: seca y lluviosa. Estaciones las cuales, según Cornejo, (1999) presenta la zona costera ecuatoriana y alternan entre una seca de mayo a noviembre y una lluviosa de diciembre a abril. El análisis LOESS fue realizado en el programa estadístico de programación R studio.

$$w_{ij} = \left(1 - \left(\frac{|x_i - x_j|}{d_i} \right)^3 \right)^3$$

Donde:

- x_i es la longitud del manto.
- d_i es la distancia máxima entre x_i y cualquier otro punto x_j en la ventana.

7.4.3.2. Wilcoxon-Mann-Whitney test

Para comprar las diferencias significativas entre la distribución de tallas y peso del manto (PM), para cada estación (seca y lluviosa) se aplicó la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney Test, dado que los datos no siguieron una distribución normalizada, esta prueba se realizó mediante el lenguaje de programación R.

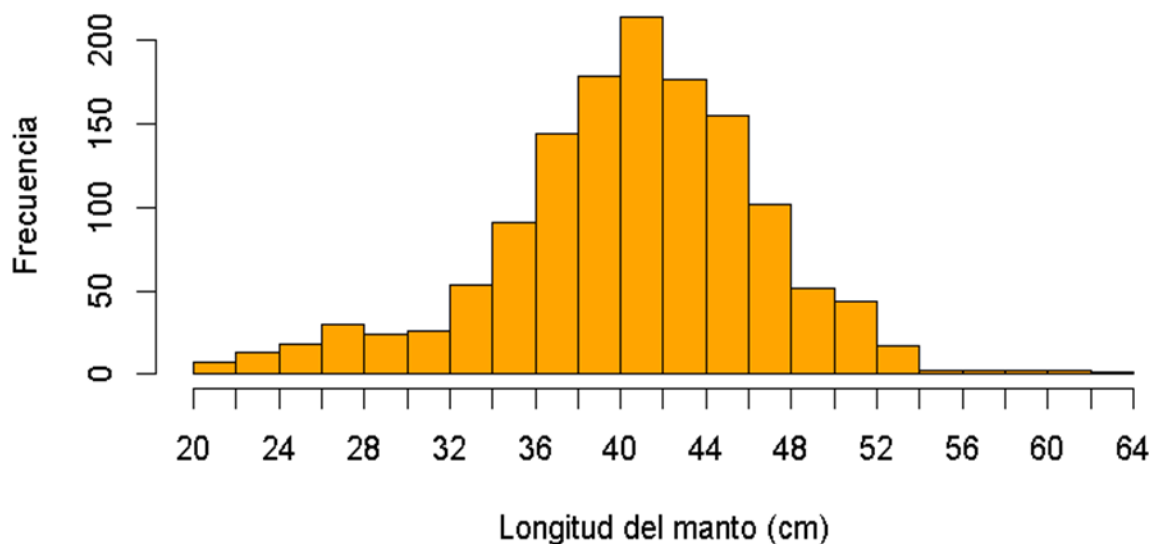
8. Resultados

8.1. Análisis de estructura de tallas

En los desembarques del puerto pesquero de Santa Rosa se analizaron 1352 calamares (*Dosidicus gigas*), desde julio 2023 hasta marzo 2024 (Anexo B), en donde se obtuvieron los datos sobre la longitud del manto (LM) registrando una talla promedio de 39.9 ± 6.2 cm LM. y con una talla mínima de 20 cm de LM y una talla máxima de 64 cm LM (Figura 8). Para el análisis de frecuencia de tallas, para lo cual se obtuvieron intervalos de tallas de 4 cm LM obteniéndose un total de 11 clases de tallas.

Figura 8.

Histograma de frecuencia de longitud del manto en intervalos de 4 cm LM.



Los intervalos de datos que presentaron la mayor frecuencia de tallas se localizaron en torno a las clases 6, destacando la talla promedio de 41.37 ± 1.13 cm LM, el cual representó el 28.84% de los datos, con un total de 390 individuos muestreados (Tabla 1). Asimismo, la clase 5

fue el intervalo de tallas más representativo, con una talla promedio de 37.63 ± 1.12 cm LM el cual abarcó un 23.81% de los datos, con 322 organismos muestreados. En contraste, los intervalos de clases 11 con promedio de 61.67 ± 2.08 cm LM, representando únicamente el 0.22% y la clase 10 con promedio de tallas 57.27 ± 1.50 cm LM representado 0.30% de los datos muestreados con las frecuencias más bajas (Tabla 1).

Tabla 1.

Tabla de intervalos de tallas de longitud del manto (LM) en función a las frecuencias.

Clase	Intervalos (cm)	Frecuencia	Promedio (cm)	Dev. estándar (cm)	F. relativa(fr) (%)	Marca de clase (cm)
1	20-24	20	21,80	1,06	1,48	22
2	24-28	48	25,79	1,09	3,55	26
3	28-32	50	29,56	1,25	3,70	30
4	32-36	144	33,90	1,13	10,65	34
5	36-40	322	37,63	1,12	23,81	38
6	40-44	390	41,37	1,13	28,84	42
7	44-48	257	45,22	1,12	19,09	46
8	48-52	95	49,37	1,03	7,03	50
9	52-56	19	52,53	0,84	1,41	54
10	56-60	4	57,25	1,50	0,30	58
11	60-64	3	61,67	2,08	0,22	62
TOTAL		1352			100%	

8.2. Identificación de los grupos modales

8.2.1. Clases modales mensuales

Las clases modales de cada uno de los meses de muestreo fueron determinadas a través del método de Bhattacharya (1967) el cual permite aislar los componentes normales de una distribución de frecuencias de longitud multimodal ajustando una regresión al logaritmo natural de frecuencias continuas, con sus respectivas desviaciones estándar, como se muestran en la (Tabla 2). Mostrando el análisis, que en noviembre 2023 y marzo 2024 se registraron cuatro clases

modales; en agosto, octubre y diciembre 2023 tres clases modales; en julio 2023 y enero 2024 dos clases modales. Y, una clase modal en los meses de septiembre 2023 y marzo 2024.

Tabla 2.

Tabla de clases modales de longitud del manto (LM) mensuales aplicando el método de Bhattacharya (1967).

Meses	Grupos modales (cm)			
	1	2	3	4
Julio (2023)	26,82± 1,1	39,56± 5,3		
Agosto (2023)	35,13± 0,5	41,14± 2,5	44,76± 4,9	
Septiembre (2023)	40,80± 4,2			
Octubre (2023)	25,03± 2,7	35,70± 0,6	43,47± 0,7	
Noviembre (2023)	26,89± 0,6	33± 5,7	44,22± 0,5	48,13± 1,1
Diciembre (2023)	33,27± 2,6	39,07± 2,4	46,87± 1,4	
Enero (2024)	37,71± 1,9	41,96± 1,7		
Febrero (2024)	39,54± 1,1	41,93± 0,5	44,35± 1,6	50,34± 1,1
Marzo (2024)	48,02± 2,8			

La clasificación de las clases modales no presentó problemas, porque el valor del índice de separación superó el umbral crítico 2, indicando una clara distinción entre las clases modales. Además, los rangos de tallas fueron aumentado en relación con los grupos modales, es decir el grupo modal 1 agrupo las menores tallas del LM y en el grupo modal 4 se agruparon las tallas de mayor LM. No existió una alta variabilidad de los datos de la longitud del manto (LM) acorde a los valores de desviación estándar, lo que sugiere una coherencia en las mediciones y una uniformidad modal dentro de cada clase.

8.2.2. Clases de tallas de Longitud del Manto (LM) para identificación de grupos modales totales

Acorde a la aplicación de la prueba Dip De Hartigan, se obtuvo un valor de Dip (D) de 0.035503 menor a $2e-16 < 0.05$ de indicando así que la variable de LM presenta multimodalidad.

Una vez demostrado que la LM presento multimodalidad, se procedió a la agrupación de los datos (n=1352) de tallas de LM del calamar gigante en tres clases de tallas (Tabla 3), bajo el criterio del método de la silueta del análisis Clúster K-means (Anexo C), que mostro tres grupos modales para el conjunto de datos, donde se registraron el número total de individuos por cada clase de tallas.

La superposición de los histogramas y las curvas de densidad (Figura 9) permiten visualizar las diferencias en la variabilidad y la centralidad de los datos entre los clúster.

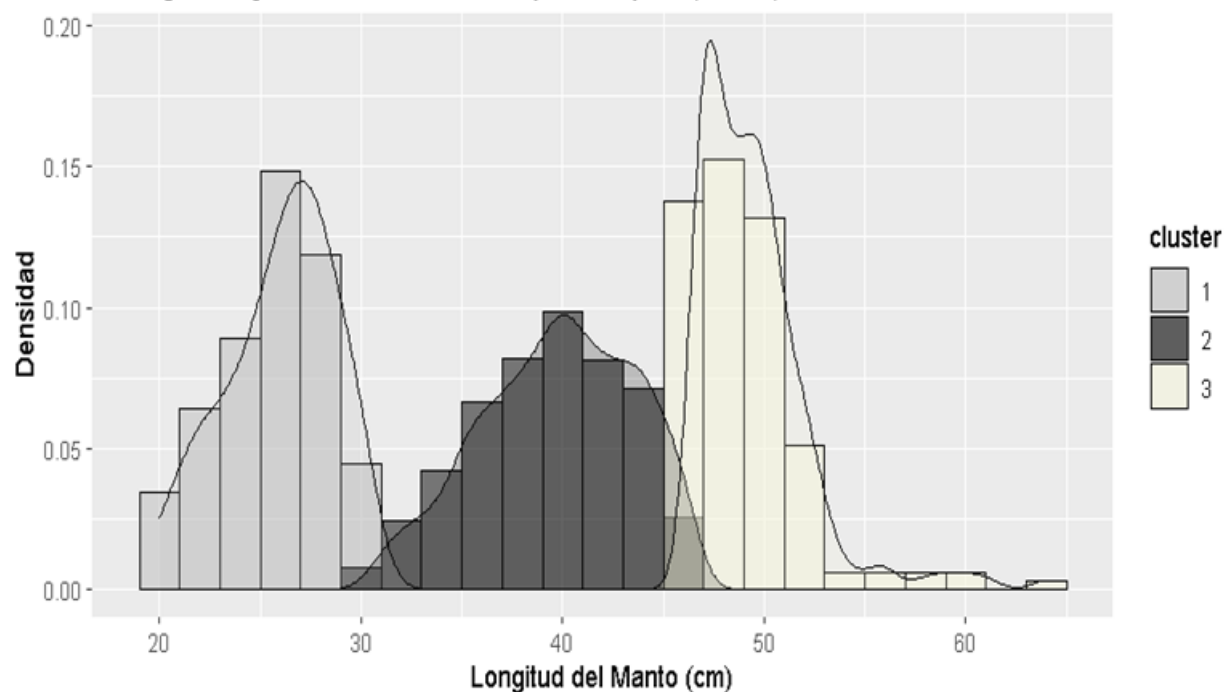
Tabla 3.

Tabla de grupos modales de LM (cm) del Calamar gigante acorde al análisis de K-means clustering.

CLÚSTER	CLASE DE TALLAS(CM)	FRECUENCIA (NÚMERO)	POMEDIO LM (CM)	MODA (CM)
1	20-30	101	25,99	27± 2,7
2	31-46	1084	39,78	40±3,8
3	47-64	167	49,49	47±2,8

Figura 9.

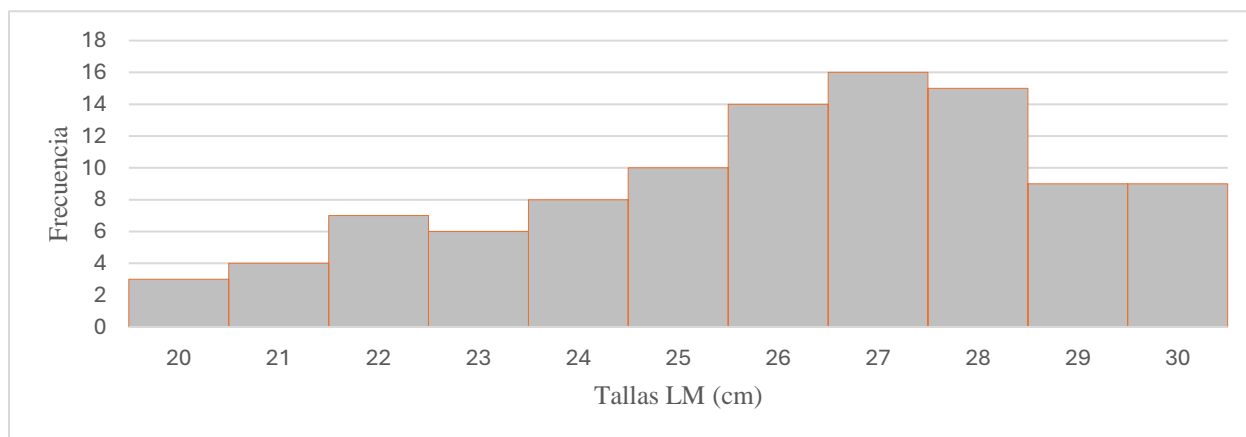
Grupos modales de Longitud del manto (LM), representados por clúster.



Para el clúster 1, el rango de clase de talla estuvo entre 20 y 30cm, con una frecuencia de 7,47 % (n=101) organismos pertenecientes al grupo de talla identificada como pequeña. Este grupo represento la menor tendencia central de los datos analizados respecto a la longitud del manto LM (Figura 10), identificándose como grupo modal la talla de 27 cm LM.

Figura 10.

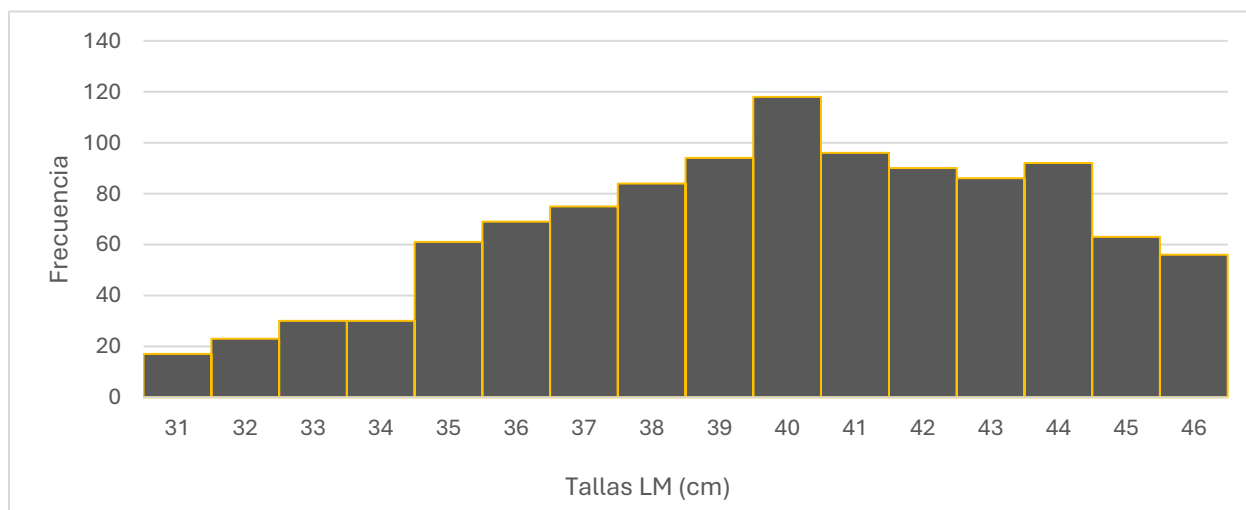
Histograma de distribución de frecuencia en función a las tallas del manto de D. gigas. Para el grupo modal 1.



El clúster 2, mostró un rango de tallas entre 31 y 46cm LM, con un total de 1084 individuos, lo cual represento el 80.18% de los datos. Este grupo, fue categorizado como de talla mediana, en donde el mayor número de datos se agruparon en este intervalo de clase de LM (Figura 11) identificándose como grupo modal la talla de 40cm LM.

Figura 11.

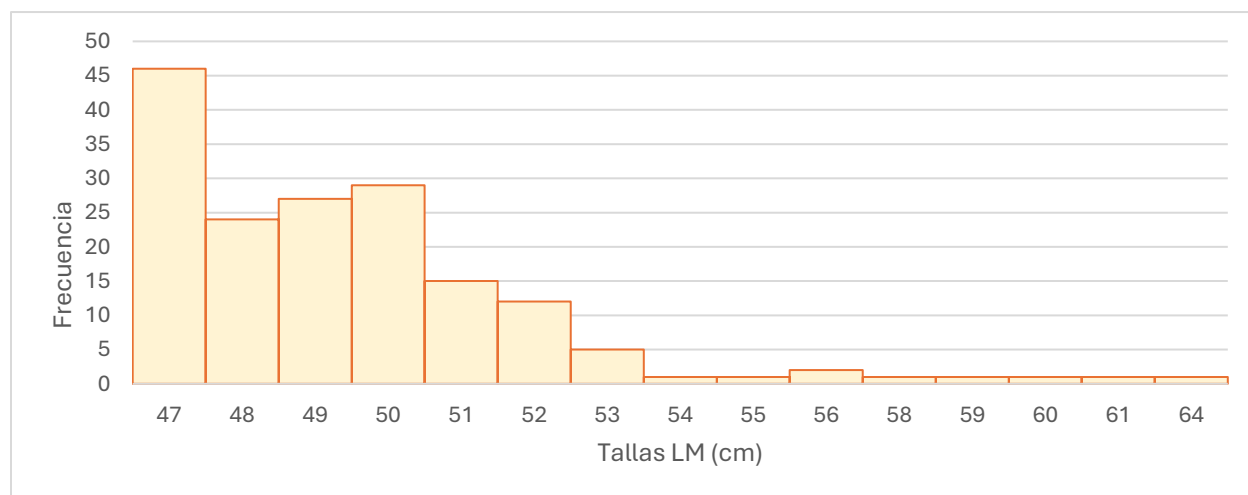
Histograma de distribución de frecuencia en función a las tallas del manto de D. gigas. Para el grupo modal 2.



El clúster 3, mostro una mayor variabilidad de tallas, con un rango de longitud de manto entre 47 y 64cm, identificándose como el grupo de talla grande. El número de organismos para este grupo fue de 167 representando el 12.35% de todos los datos (Figura 12), identificándose como grupo modal la talla de 47cm LM.

Figura 12.

Histograma de distribución de frecuencia en función a las tallas del manto de D. gigas. Para el grupo modal 3.



La dispersión de los datos en el grupo modal 1 (27cm LM) fue menor, que los demás grupos, presentado el grupo modal 2 (40cm LM) una dispersión intermedia de los datos muestreados y presentando el grupo modal 3 (47cm LM) la mayor dispersión de datos.

8.3. Peso del manto (PM)

8.3.1. Pesos de las clases de tallas

Los datos sobre los pesos del manto (PM) se organizaron en los tres rangos de tallas identificados en el análisis Clúster, clasificándose en: tallas pequeñas 20-30 cm LM, tallas medianas 31-46 cm y tallas grandes 47 -64 cm LM. Esto permitió agrupar todos los datos de los PM que correspondieron a cada uno de los rangos de tallas y realizar una descripción estadística univariada (promedio, desviación estándar, moda, rango máximo y mínimo) (Tabla 4).

Tabla 4.
Pesos agrupados en intervalos de clase de tallas.

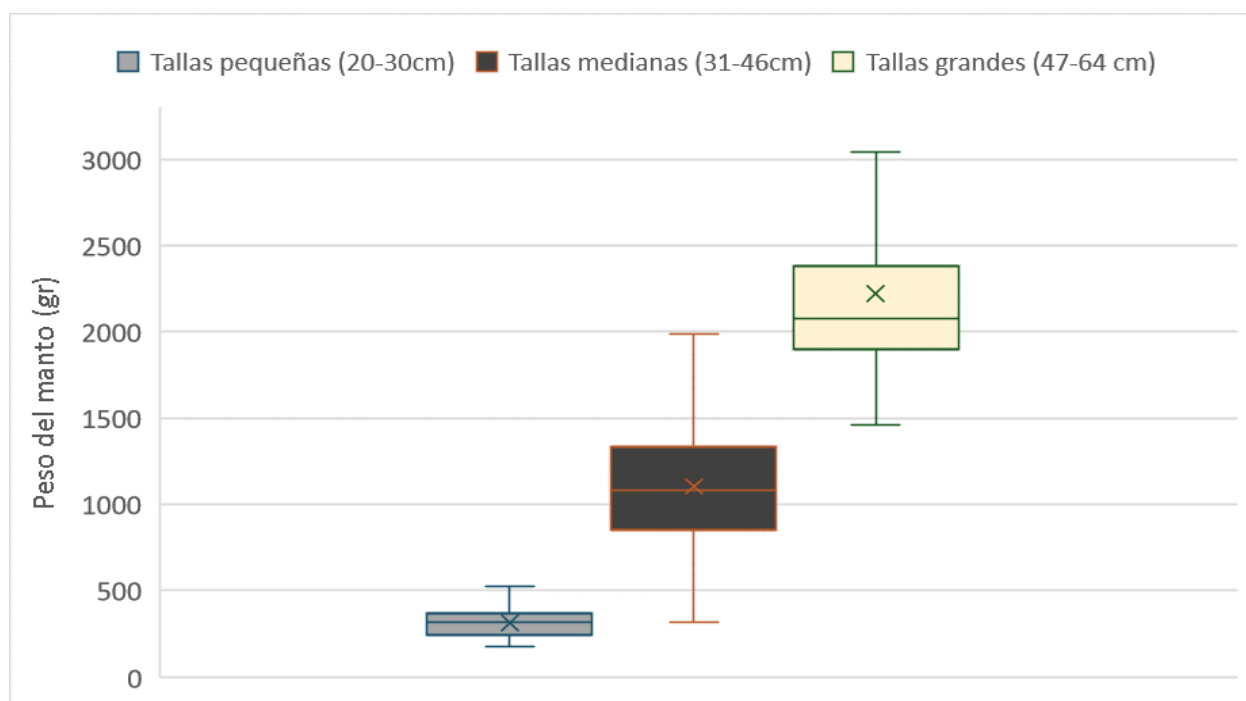
	Peso del Manto (gr)					
	N	Promedio (gr)	Dev. Estándar (gr)	Max (gr)	Min (gr)	Moda (gr)
Tallas pequeñas (20-30cm LM)	101	314,23	85,53	566,99	176,43	317,51
Tallas medianas (31-46cm LM)	1084	1104,55	333,80	1986,73	320,73	852,75
Tallas grandes (47-64 cm LM)	167	2220,58	522,30	5043,94	1460,57	1959,52

Las tallas pequeñas, con LM entre 20 y 30 cm, presentaron un peso promedio de 314,23 \pm 85,53 gr PM, lo que indica una variabilidad baja en los PM. La moda (317.51 gr) estuvo cercana al promedio, lo que refuerza la consistencia en el peso dentro de esta categoría. En contraste, las tallas medianas, con LM entre 31 a 46 cm, tuvieron un PM promedio significativamente mayor de 1104,55 \pm 333,80 gr PM, evidenciando una mayor dispersión de datos, mostrando una variabilidad más amplia en el PM a medida que los calamares aumentan su tamaño.

En las tallas grandes, con LM entre 47 y 64 cm, el PM promedio de 2220,58 \pm 522,30 gr PM, indicando una variabilidad aún mayor en el PM. Este patrón de aumento en la media, y la dispersión sugiere que los factores que afectan el PM se vuelven más pronunciados a medida que

los calamares crecen. La presencia de valores máximos, como los 5043,94 gr de PM, en las tallas grandes, destaca que los individuos son de mayor tamaño a la media. Los individuos superan significativamente el promedio (2220.58gr), lo que refleja una amplia dispersión y diversidad de pesos dentro de esta categoría.

Figura 13.
Distribución de Peso del manto (PM).



8.3.2. *Peso del manto (PM) y grupos modales de tallas*

Para el análisis entre el PM y los grupos modales de las tallas, se agruparon cada uno de los PM correspondientes a los grupos modales identificados. Siendo el grupo modal 2 (n=118) el más representativo, seguido del grupo modal 3 (n=46) y el grupo modal 1 el menos representativo, con n=16 de PM (Tabla 5).

Tabla 5.

Peso promedio del manto del Calamar (D. gigas) agrupados en relación con los grupos modales.

	Peso del Manto (gr)				
	N	Promedio (gr)	Dev. Estándar (gr)	Max (gr)	Min (gr)
Grupo modal -1 (27cm LM)	16	333,18	66,29	480,81	262,48
Grupo modal- 2 (40cm LM)	118	1079,8	122,3	1505,93	716,68
Grupo modal -3(47cm LM)	46	1849,96	192,41	2322,39	1460,57

El Grupo modal-1, con un peso promedio fue de 333,18 \pm 66,29 gr PM. La baja variabilidad que se observó en este grupo, reflejada en la Figura 14, la ausencia de valores atípicos significativos, indicando una consistencia en el peso del manto (PM) para los calamares de este tamaño. Los pesos mínimo y máximo, 262,48 y 480,81 gr respectivamente, estuvieron dentro de un rango limitado, indicando que los calamares con mantos más cortos presentaron pesos relativamente homogéneos.

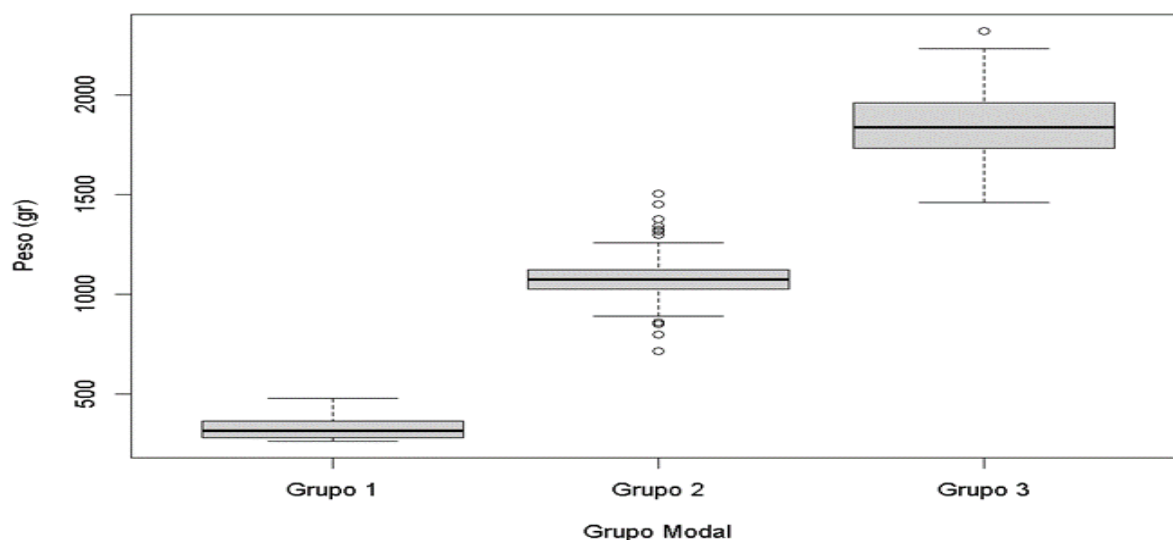
En el Grupo modal-2, se observó un incremento notable en el peso promedio, alcanzando los 1079,8 \pm 122,3 gr PM. La mayor dispersión de los datos en comparación con el Grupo 1 se reflejó en la caja más alta y la presencia de múltiples valores atípicos por encima del límite superior. Estos valores atípicos indican que algunos calamares en este grupo presentan pesos del manto significativamente mayores que la media. El peso mínimo y máximo en este grupo, fue

desde 716,68 hasta 1505,93 gramos, respectivamente. Demostraron una mayor variabilidad en los pesos del manto (PM) conforme aumenta la longitud del manto (LM).

El Grupo modal-3, con una longitud del manto de 47 cm, presentó un peso promedio más alto de $1849,96 \pm 192,41$ gr PM, en comparación con los otros grupos modales, esto indica una amplia dispersión de los datos, reflejando una variabilidad considerable en los pesos del manto dentro de este grupo. Los pesos mínimo y máximo, que variaron entre 1460,57 y 2322,39 gr, junto con la presencia de valores atípicos por encima del límite superior, evidencio que a medida que los calamares crecen, no solo cuando aumenta el peso promedio del manto, sino también la variabilidad PM. Estos patrones indicaron que la LM es un factor determinante en la variabilidad y el incremento del PM de los calamares (Figura 14).

Figura 14.

Boxplot que muestra la variabilidad de los datos del peso de manto (PM) referente a los grupos modales.



La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis con un P value de $2.2e-16 < 0.05$, demostró que existieron diferencias significativas entre los pesos de los grupos modales Tabla (6).

Tabla 6.
Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis

Grupos modales	N	Media	Mediana	Chi2	d.f	P-value <0,05
1 (27cm LM)	16	333,18 gr	318,76 gr			
2 (40cm LM)	118	1079,80 gr	1074,97 gr	124,84	2	2.2e-16
3 (47 cm LM)	46	1849,96 gr	1837,05 gr			

Las comparaciones de la Tabla 7, entre los grupos modales respecto a los pesos fueron significativamente diferentes entre sí. Los valores de p ajustados obtenidos en las comparaciones fueron menores que el umbral de significancia de 0.05, lo que sugiere una fuerte evidencia estadística de diferencias entre los grupos (Figura 15).

Tabla 7.
Análisis test de Dunn con corrección de Bonferroni para la comparación de pesos entre grupos modales.

Comparación de grupos modales	Z	P.unadj	P.adj
Grupo 1 - Grupo 2	-4.827368	1.38E+00	4.15E+00
Grupo 1 - Grupo 3	-9.851402	6.76E-17	2.03E-16
Grupo 2 - Grupo 3	-9.050735	1.42E-13	4.26E-13

La comparación entre el Grupo 1 y el Grupo 2 muestra un estadístico Z de -4.827368, indicando inicialmente una diferencia considerable en los pesos del manto. Sin embargo, el valor p ajustado ($P_{adj} = 4.15$) superó el umbral de significancia de 0.05, tras el ajuste por múltiples

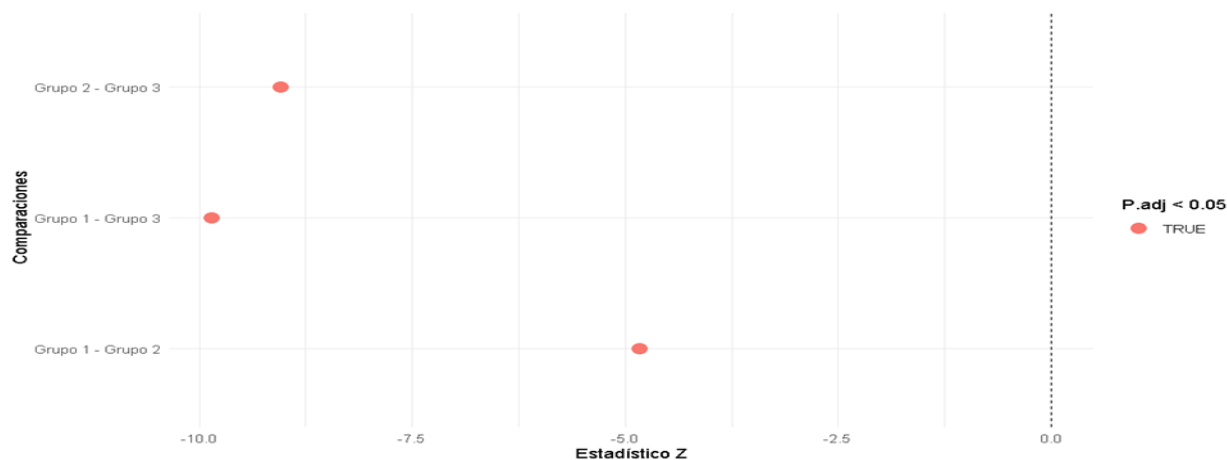
comparaciones, esta diferencia no es estadísticamente significativa. Esto implica que las variaciones en los pesos del manto entre los Grupos 1 y 2 son atribuidas a la variabilidad natural y no a diferencias sistemáticas en el tamaño del manto.

En contraste, la comparación entre el Grupo 1 y el Grupo 3 muestran un estadístico Z de -9.851402, acompañado de un valor p ajustado extremadamente bajo ($P_{adj} = 2.03E-16$). Esta diferencia es altamente significativa, indicando una clara y consistente variación en los PM entre los calamares de estos dos grupos. La Figura 15, refuerza esta interpretación sugiriendo que los calamares del Grupo 3, con una LM mayor, tienen un PM significativamente más altos que los del Grupo 1, en donde los calamares con mayor LM acumularon la mayor cantidad de masa en los mantos.

De manera similar, la comparación entre el Grupo 2 y el Grupo 3 también reflejó una diferencia significativa con un estadístico Z de -9.050735 y un valor p ajustado de $4.26E-13$. Esta significativa diferencia, visualizada en la Figura 15, indicó que los calamares del Grupo 3 tienen PM significativamente mayores que los del Grupo 2. La consistencia en estas diferencias significativas determina que hay un patrón de incremento de PM con el aumento de LM.

Figura 15.

Comparación de los grupos modales de LM según la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni.



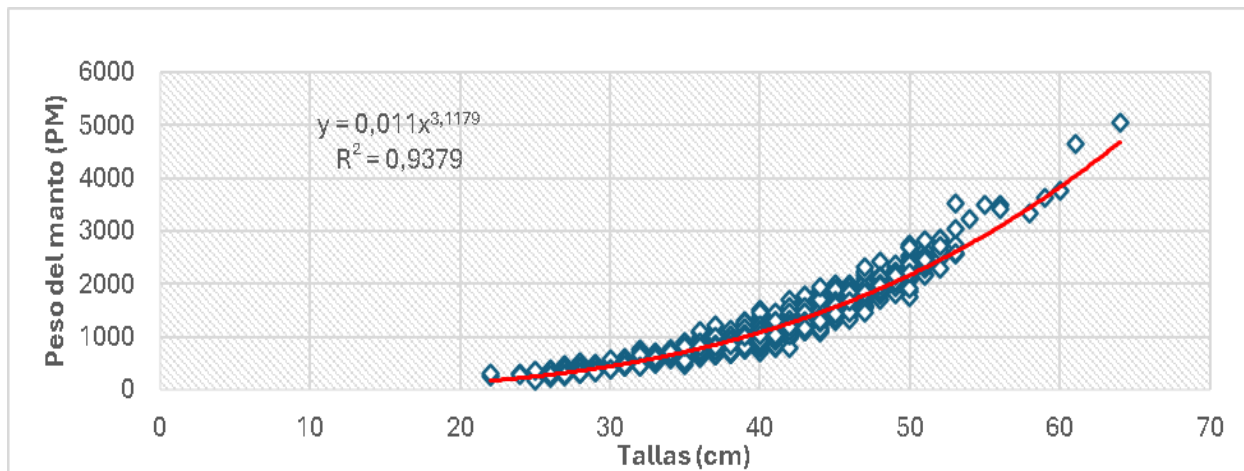
8.4. Distribución talla y peso del manto en épocas estacionales

8.4.1. Longitud del manto (LM) y peso del manto (PM)

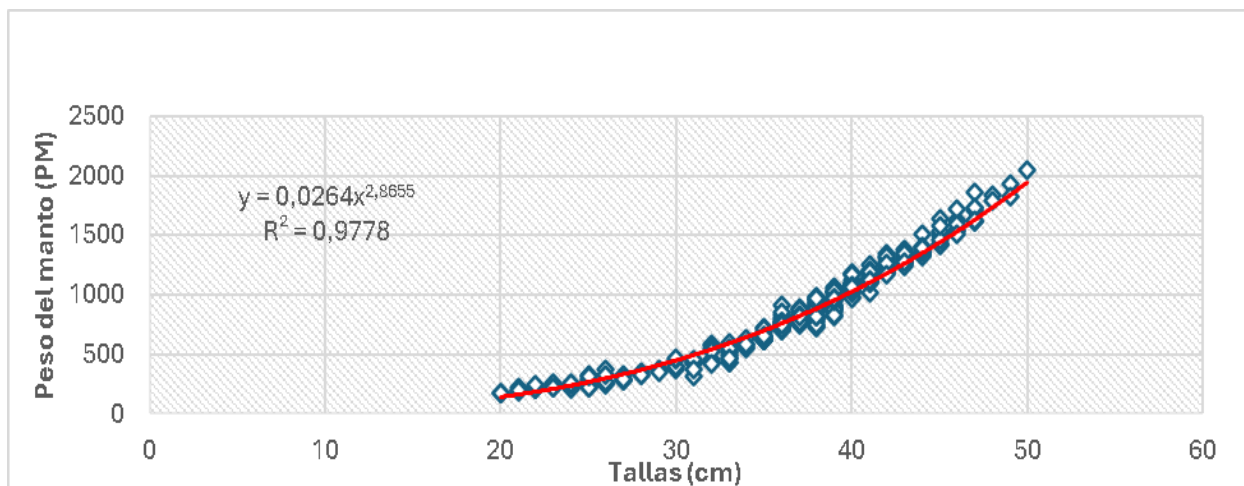
Los datos recolectados fueron divididos en dos períodos del año. Durante la temporada seca, que abarcó desde julio de 2023 hasta noviembre de 2023, se registraron 1030 ejemplares de calamares en donde la relación peso-talla obtuvo un coeficiente de R^2 de 0.9379 (Figura 16). Y, en la temporada lluviosa, de diciembre de 2023 a marzo de 2024, representado por 322 calamares el coeficiente R^2 fue de 0.9778 (Figura 17). Mostrando ambos valores de R^2 una fuerte correlación entre los datos, Y también una menor disponibilidad del recurso calamar durante la temporada lluviosa.

Figura 16.

Relación peso-talla del manto de dispersión con curva de ajuste polinómica durante la estación seca.

**Figura 17.**

Relación peso-talla del manto de dispersión con curva de ajuste polinómica durante la estación lluviosa.



8.4.2. Análisis LOESS

Para el análisis de progresión no paramétrica o LOESS se realizó una tabla de frecuencia en función a las tallas, con los pesos agrupados para cada talla en las dos épocas estacionales (Tabla 8).

Tabla 8.

Tabla de distribución de tallas de LM y PM para época seca y lluviosa del D. gigas. en los desembarques del puerto de Santa Rosa Santa Elena.

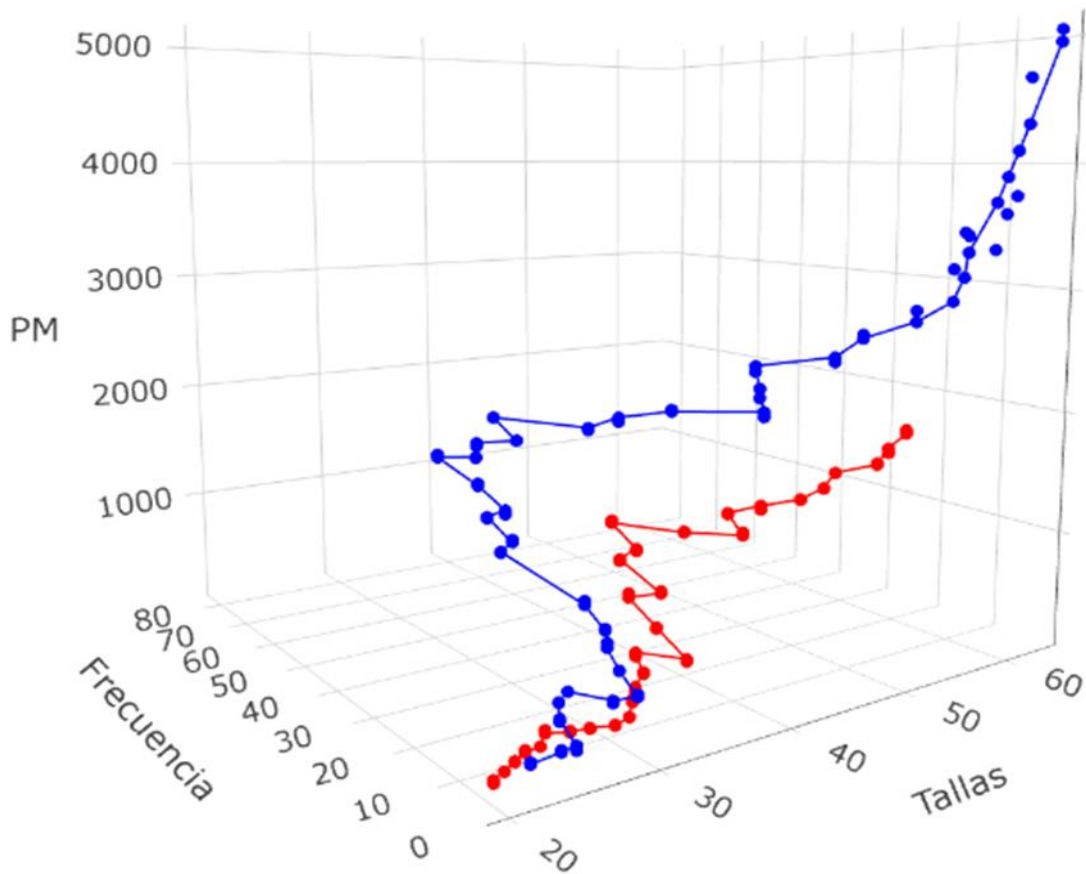
	<i>Época seca</i>		<i>Época lluviosa</i>	
	Tallas (cm)	PM (gr)	Tallas (cm)	PM (gr)
<i>N</i>	1030	1030	322	322
<i>Max</i>	64	5043,94	50	2045,64
<i>Min</i>	22	181,44	20	176,43
<i>Promedio</i>	40,90	1250,20	36,90	890,43
<i>Dev. estándar</i>	5,8	584	6,61	412,16
<i>Moda</i>	40	852,75	40	432,34

El análisis de regresión no paramétrica LOESS (Figura 18) mostró en la curva de la época estacional lluviosa una tendencia pronunciada dinámica en la relación entre la talla y el PM, alcanzando una moda de 40 ± 5.8 cm LM con un rango de talla entre 22 y 64 LM, y un peso promedio de 1250.20 gr.

La temporada estacional seca mostró una menor frecuencia de los datos, con una moda de 40 ± 6.61 cm LM, con un rango entre 20 y 50 LM con peso promedio de 890.43 gr. Ambas temporadas mostraron una similitud de tallas con respecto al rango entre 22 y 27 cm LM y peso promedio de $2.75.30 \pm 64.5$ gr (Figura 18).

Figura 18.

Modelamiento en 3D del gráfico de dispersión LOESS, relación entre PM (gr) promedio de cada Talla (cm) por cada estación.



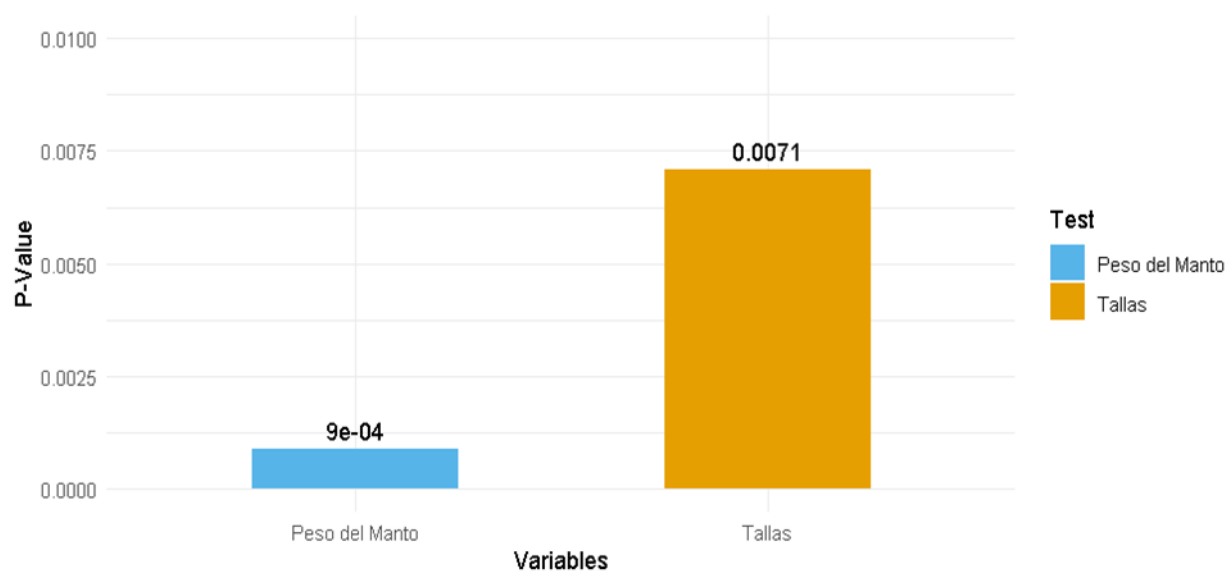
8.4.3. Test de Wilcoxon-Mann-Whitney

Con un estadístico W de 366 y un valor p de 0.004892, la prueba de Wilcoxon encontró que hay una diferencia significativa en el PM entre las estaciones seca y lluviosa. El valor p es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), lo que indicó que si hay diferencia en el PM entre las estaciones.

Con un estadístico W de 393 y un valor p de 0.01258, también se observa una diferencia significativa en las tallas entre las estaciones, con un valor p menor que 0.05, permitiéndonos determinar que si hay diferencia en las tallas entre las estaciones.

Figura 19.

Comparación de significancia entre variables de peso y talla del manto en las diferentes épocas estacionales.



9. Discusiones

En el estudio se obtuvieron datos de 1352 calamares gigantes, los cuales fueron colectados en el Puerto pesquero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena, Ecuador. Obteniéndose tallas mínimas de la longitud del manto (LM) de 20 cm y máximas de 64 cm LM. Esto es similar a lo encontrado por Pacheco (2021) en *Dosidicus gigas* entre los años de 2019-2021 en los puertos de las provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena, donde las tallas mínimas fueron de 12 cm y máximas de 50 cm LM.

Por otro lado, Goicochea-Vigo et al. (2019), mencionan en un estudio, tallas diferenciadas a las capturas de *Dosidicus gigas* en el puerto de Santa Rosa, presentando una talla mínima 15 cm y máxima de 120 cm LDM en aguas peruanas. Sin embargo, existen otros estudios realizados en el Pacífico colombiano, donde establecen tallas entre 13 cm a 43,5 cm de LDM (Invemar, 2019). En aguas chilenas las tallas variaron entre de 20 a 90 cm de longitud del manto en estudios realizados entre 2003 al 2004. (Ibanez&Cubillos, 2007; Ibanez et al.,2015).

Todas estas diferencias son dadas acorde a la distribución de la especie, Morales&Pacheco (2016) mencionan que la disponibilidad del calamar gigante está determinada por la corriente de Humboldt, infiriendo en las aguas de bajas temperaturas la zona costera del Ecuador que promueve cambios en la distribución espacial y temporal del calamar gigante en el Ecuador.

El calamar gigante (*D. gigas*) ha sido objeto de diversos estudios sobre los patrones de crecimiento a lo largo de su distribución. En este sentido, Nesis (1970) menciona la existencia de tres grupos de talla bien diferenciados en las costas de América del Sur. Según el autor, los organismos con tallas entre 200 y 350 mm de longitud del manto dorsal (LM) tendrían aproximadamente un año, mientras que aquellos de talla intermedia, entre 300 y 500 mm LM, corresponderían a individuos de dos años. Por su parte, los calamares con tallas superiores a los

460 mm LM serían ejemplares de tres años. Dichas tallas son similares encontradas en el presente estudio en donde los valores obtenidos en la distribución de frecuencia de tallas en esta investigación permitieron identificar las modas, encontrándose tres clases de tallas mediante el análisis Clúster K-means (tallas pequeñas con un rango de 20-30cm LM y moda de $27 \pm 2,7$ cm LM; tallas medianas, con un rango entre 31-64cm LM y una moda de $40 \pm 3,8$ cm LM; y tallas grandes obtuvieron un rango de 47-64cm LM con una moda de $47 \pm 2,8$ cm LM.) El estudio de Pacheco (2020), sobre la pesquería del calamar gigante en aguas ecuatorianas durante los años 2019-2020, encontro dos clases de tallas, la primera clase de talla fue de 13-33 cm LM con una moda de 23cm LM y la segunda clase de tallas que va de 34-50 cm LM con una moda de 40cm LM, siendo así esta última clase de tallas similar a la segunda clase de tallas encontradas en el presente estudio.

No obstante, es importante señalar que no existe una determinación exacta de los patrones de crecimiento de esta especie. De acuerdo con diversos autores, se considera que el crecimiento del calamar gigante podría estar relacionado con tallas mayores a 50 centímetros en los adultos (Zepeda, 2016). Incluso, en algunos casos, se ha observado una alta variabilidad en el crecimiento, con la presencia de crecimientos acelerados. Estas diferencias podrían deberse a la sensibilidad de los calamares a los cambios ambientales, lo que les permite modificar rápidamente sus tasas de crecimiento de un año a otro (Keyl et al. 2011).

De acuerdo con los datos del Instituto del Mar de Perú (IMARPE, 2018), durante el período de enero a noviembre de 2017, se identificaron dos grupos modales con modas de 40 y 50 cm de longitud de manto (LM). Los datos de IMARPE muestran una similitud con los hallazgos del presente estudio, especialmente con el grupo modal 2 de 40 cm LM.

Cabe destacar que las características propias de los cefalópodos, y particularmente del calamar gigante, como las altas tasas de crecimiento acelerado y variable a nivel individual, la estrategia reproductiva de desoves parciales y la alta capacidad migratoria, limitan la precisión de las estimaciones basadas en la estructura de tallas. Esto ocasiona que, en el análisis de progresión modal de tallas, se confundan diferentes cohortes debido a su traslape (Arkhipkin, 1991; Caddy, 1991).

Liu et al. (2013), describió que calamares registrados como de tallas más pequeñas de alrededor de 21.8 cm de LM tenían un peso total de 253 gr, contrario a los resultados del presente estudio donde las tallas pequeñas de 20 a 30 cm obtuvieron un promedio del PM de 314.23 gr. Por otro lado, en las tallas grandes de 47 a 64 cm encontradas en esa investigación presentaron un peso de 2220.58 gr, obteniendo una relación con lo descrito por Hernández (2003) donde menciona que el promedio del PM fue de 2830 gr en longitudes del manto entre 19 a 76.1 cm.

El aumento progresivo del peso del manto en relación con los grupos modales identificados refleja el patrón de crecimiento exponencial característico de *D. gigas*. Según Markaida et al. (2004), este crecimiento acelerado está relacionado con la alta demanda energética de esta especie, que le permite alcanzar tallas y pesos considerables en un corto periodo de tiempo. Cada moda fue identificada como grupo modal, en donde el grupo modal de 40cm LM obtuvo un mayor número de datos 1084, representando el 80.18% del muestreo. Los valores obtenidos de pesos de los grupos modales para el grupo modal 1 (27 cm LM) fue de $333,18 \pm 66,29$ gr de PM, y tendieron a obtener una menor dispersión de datos cercana a la mediana, indicando que los calamares que presentan LM cercanas al promedio presentan pesos homogéneos. Para el grupo modal 2 (40 cm LM) obtuvo $1079,8 \pm 122,3$ gr PM, con mayor dispersión de datos, pero ajustándose a la media, refiriéndose a que los PM dentro de este grupo oscilaron en el valor de la mediana de 1074,97 gr.

Por otro lado, el grupo modal 3 (47 cm LM) con $1849,96 \pm 192,41$ gr PM, muestran una mayor dispersión de los PM referentes a los otros grupos. Los estudios realizados por Argüelles y Tafur (2010) han revelado que los patrones de comportamiento, distribución y los niveles de biomasa, crecimiento, tamaño corporal, tiempo, talla y edad de madurez sexual del calamar gigante pueden verse significativamente afectados durante los eventos ocasionados por los fenómenos climáticos de El Niño o La Niña. Estos cambios en las condiciones ambientales provocan fluctuaciones interanuales en las características de la especie. Desde el punto de vista de la actividad pesquera, estos cambios se manifiestan como una mayor dispersión del calamar gigante y una reducción en los volúmenes de captura., con implicaciones importantes para la gestión y el desarrollo sostenible de esta pesquería en las aguas ecuatorianas.

Según Zepeda (2016) el calamar gigante (*D. gigas*) presenta una alometría negativa durante las etapas tempranas de desarrollo. Esta conclusión concuerda con lo encontrado por Laptikhovsky et al. (1993) quienes indican que los cambios en talla y peso de estos organismos se caracterizan por un aumento en la longitud más rápido que en su volumen, lo que hace que se vuelvan más delgados a medida que crecen. Esto se relaciona con el crecimiento de los músculos, que favorece la locomoción larvaria. Además, el análisis mediante el Test de Dunn demuestra que no existen diferencias significativas entre los pesos medios (PM) de los grupos modales 1 y 2, refiriéndose a que el PM en ambos grupos los cuales pertenecen a “tallas pequeñas” y “tallas medianas” tienden a no estar mayoritariamente distribuidas entre sí, asumiendo que su crecimiento en los rangos de 20 a 47 cm LM.

De acuerdo con Pacheco (2019), demostró que la dinámica de la pesquería del calamar gigante en aguas ecuatorianas se encuentra estrechamente vinculada a las condiciones oceanográficas de la región infiriendo en que la temperatura superficial del mar (TSM) es un factor

clave que determina la presencia y ausencia del calamar gigante en las áreas de pesca del mar ecuatoriano. Los patrones de distribución y abundancia de esta especie responden de manera significativa a las fluctuaciones en la TSM, lo que se manifiesta en cambios de la disponibilidad del recurso para las actividades pesqueras.

Pacheco (2019) también observó que la TSM varió entre 17,9 y 26,7 °C de julio a octubre, y fue en donde se registró la mayor distribución de frecuencias en las tallas del calamar gigante. Coincidiendo, con el análisis del presente estudio, donde la mayor cantidad de datos y distribución de frecuencias de tallas estuvo entre 22 a 64 cm de longitud de manto (LM) y se produjo durante la estación seca, específicamente en los meses de julio a noviembre.

Durante este periodo de estudio, los datos de INOCAR indicaron que la TSM fluctuó entre 22 y 27 °C a 20 millas de la zona costera. Por otro lado, en la época lluviosa, INOCAR señaló un aumento de la TSM osciló entre 26 y 29 °C en 2024, observándose en el periodo de la presente investigación una frecuencia de clase de tallas de *Dosidicus gigas* entre 20 y 50 cm LM presentando disminución de la distribución de las tallas con respecto a la época estacional seca, dicha disminución pudo haber sido influenciada de manera directa o indirecta por el evento climático de oscilación del sur o comúnmente llamado, fenómeno de “El Niño”.

10. Conclusiones

Mediante el análisis de los clustering, se identificó 3 grupos correspondiente a las clases de tallas. La primera clase de talla con una menor frecuencia perteneció a las tallas pequeñas con una moda de 27cm LM, la segunda clase de talla con mayor frecuencia perteneció a las tallas medianas con una moda de 40 cm LM y la tercera clase de talla clasificada como tallas grandes consto de una moda de 47cm LM, siendo esta con mayor frecuencia en el límite inferior de la clase de tallas. Demostrando que las mayores capturas de *Dosidicus gigas* tienden a ser tallas medianas en relación con la LM.

No existieron diferencias significativas en los PM entre el Grupo modal 1 y el Grupo modal 2, lo que indica que los pesos en estos dos grupos no presentan una variabilidad importante. En contraste, el análisis entre el Grupo modal 2 y el Grupo modal 3, así como entre el Grupo modal 1 y el Grupo modal 3, reveló diferencias significativas en la distribución de los PM. Los calamares en el Grupo modal 3 registraron PM significativamente mayores en comparación con los otros dos grupos.

Las diferencias entre las variables PM y LM, no mostraron diferencias significativas, entre las estaciones seca y lluviosa. Los estadísticos W, indican que la hipótesis nula queda invalidada en ambos casos debido a que los valores de p están por debajo de 0.05, demostrándose que si hay diferencias entre los datos de LM y PM durante las épocas estacionales seca y lluviosa.

11. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios pertinentes sobre el factor de condición Fulton (K) y factor de condición relativo (K_n) dependiendo del tipo de crecimiento del *D. gigas* en las diferentes etapas del ciclo de vidas y relacionarlos con los cambios de temperatura superficial del mar dentro de la estación seca y lluviosa en Ecuador.
- Para el mejoramiento del manejo de las regulaciones del recurso pesquero, se recomienda continuar con estudios detallados sobre la zona de capturas de la especie, así como sobre su edad y crecimiento. Estos estudios proporcionarán datos cruciales que permitirán una gestión más efectiva y sostenible de las poblaciones de *Dosidicus gigas*.
- Realizar estudios sobre la biología reproductiva del calamar *Dosidicus gigas* aplicando análisis estadísticos correspondiente a la fisiología del organismo, esto permitirá comprender las clases de tallas y la proporción sexual del organismo.

12. Bibliografía

Alarcón, J., Salazar , C., Valles , J., Cornejo , R., & Chambilla, J. (2019). CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE POTERAS UTILIZADAS EN LA CAPTURA DEL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* (d'Orbigny) EN PERÚ. Callao: Instituto Del Mar Del Perú.

Arkhipkin, A., J. Arguelles, Z. Shcherbich, y C. Yamashiro. Ambient temperature influences adult size and life span in jumbo squid (*Dosidicus gigas*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 72:1-10 (2015a).

Aroni, E. (2020). Satellite technology illuminates foreign and domestic vessels in search of one of Peru's most valuable catches. Wahinngton: Global Fishing Watch.

Ayala, G. P. (2011). Zoología sistemática. (Libro de zoología). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga., Huamanga.

Bazzino, G, Salinas-Zavala, C, & Markaida, U. (2007). Variabilidad en la estructura poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en Santa Rosalía, región central del Golfo de California. Ciencias marinas, 33(2), 173-186.

Benitez, Z., & Yalitzin, V. (2016). Variación en la abundancia poblacional del calamar gigante *Dosidicus gigas* del Golfo de California, determinada mediante modelos estructurados por talla y edad. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/499>.

Bonferroni, C. E. (1936). Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità. Pubblicazioni del Regio Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze, 8, 3-62.

Boletín LA RED IPIAP - NOVIEMBRE 2020. (2020, 8 diciembre). Issuu. https://issuu.com/institutonacionaldepesca/docs/boletin_la_red_ipiap__noviembre_2020

Bhattacharya, C. G. 1967. A simple inethod of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometncs* 23: 1 15-135

Camara Nacional de Pesqueria. (25 de 11 de 2020). Camara Nacional de Pesqueria. Obtenido de Camara Nacional de Pesqueria: <https://camaradepesqueria.ec/el-calamar-gigante-tiene-potencial-comercial/>

Cleveland, W. S., & Devlin, S. J. (1988). Locally Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting. *Journal of the American Statistical Association*, 83(403), 596-610.

Dennis. (2019). Age and growth estimates of the jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off Peru. *Aquatic Living Resources*. 32. 7. 10.1051/alr/2019007.

Dosidicus gigas: A New Fishery in Ecuador, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24:1, 98-110, DOI: 10.1080/23308249.2015.1102862

Dunn, O. J. (1964). Multiple Comparisons Using Rank Sums. *Journal of the American Statistical Association*, 56(291), 52-64.

Ehrhardt NM, Jacquemin PS, González DG, Ulloa RP, García BF, Ortiz CJ, Solís NA. 1982. Descripción de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* durante 1980 en el Golfo de California. Flota y poder de pesca. *Cienc. Pesq.* 3: 41-60.

Ehrhardt NM, Solís NA, Jacquemin PS, Ortiz CJ, Ulloa RP, González DG, García BF. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. *Cienc. Pesq.* 5: 63-76.

Enrique Morales-Bojórquez & José Luis Pacheco-Bedoya (2016) Jumbo Squid Pacheco, J. L. (2021). INFORME CIENTÍFICO Y TÉCNICO. Gob.ec. <https://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/4.-Informe-Cientifico-Calamar.pdf>

Forgy, E. W. (1965). Clúster analysis of multivariate data: Efficiency versus interpretability of classifications. *Biometrics*, 21(3), 768-769.

Good, P. (2000). *Permutation Tests: A Practical Guide to Resampling Methods for Testing Hypotheses*. Springer Series in Statistics.

Goicochea-Vigo, Carlos & Morales-Bojórquez, Enrique & Zepeda-Benitez, Viridiana & Hidalgo-de-la-Toba, José & Aguirre, Hugo & Mostacero-Koc, Jorge & Atoche-Suclupe, Velázquez-Abunader, J. I., M. O. Nevárez-Martínez & A. Hernández-Herrera. 2010. Distribución de tallas y condición reproductiva del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) en el Golfo de California. *CICIMAR Oceánides*, 25(2): 103-110.

Guerra, Ángel; González, Ángel F.; Rocha, Francisco; Gracia, Joaquín y Laria, Luis. *Enigmas de la Ciencia: el Calamar Gigante*. 2006. Fundación Caja Cultural.

Hartigan, J. A., & Hartigan, P. M. (1985). The dip test of unimodality. *The Annals of Statistics*, 13(1), 70-84. <https://doi.org/10.1214/aos/1176346577>

Heffernan, O. (2023). Squid Fisheries are Booming in a Regulatory Vacuum. *China: The Maritime Executive* .

Hernández, A. (2003). Relaciones tróficas del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en la región central del Golfo de California. IPN. Obtenido de IPN: https://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20080945_6865.pdf

Imarpe. 2018. Situación del calamar gigante durante el 2017 y perspectivas de pesca para el 2018. Imarpe, Callao, febrero 2018: 14 p. (http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/informe_perspectivas_calamar2018.pdf)

INVEMAR (2019). Recursos demersales en la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA) y los distritos regionales de manejo integrado Golfo de Tribugá-Cabo corrientes y encanto de los manglares del Bajo Baudó, y prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el pacífico colombiano. Informe final Convenio 267 de 2019. AUNAP-INVEMAR. Pag 117.

Ibanez, C. M., and L. A. Cubillos. Seasonal variation in the length structure and reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) off central-south Chile. *Sci. Mar.*, 71(1): 123–128 (2007).

Ibanez, C. M., R. D. Sepúlveda, P. Ulloa, F. Keyl, and M. C. Pardo-Gandarillas. The biology and ecology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) in Chilean waters: a review. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(3): 402–414 (2015).

Ibáñez, C.M., López-Córdova, D.A., Zúñiga, A.A., & Arancibia, H. (2019). Condición reproductiva de la jibia *Dosidicus gigas* en la zona costera del centro-sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*.

J. A. Hartigan. P. M. Hartigan. "The Dip Test of Unimodality." *Ann. Statist.* 13 (1) 70 - 84, March, 1985. <https://doi.org/10.1214/aos/1176346577>

Jereb, P.; Roper, C.F.E. (eds) *Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 2. Myopsid and Oegopsid Squids.* FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 4, Vol. 2. Rome, FAO. 2010. 605p. 10 colour plates.

Keyl F, Arguelles J, Tafur R. 2011. Interannual variability of size structure, age and growth of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) assessed by modal progression analysis. *ICES J Mar Sci.* 68: 507-518.

Klett-Traulsen A. 1981. Estado actual de la pesquería del calamar gigante en el estado de Baja California Sur. *Ser. Cient. Depto. Pesca (México)* 21: 1-28.

Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583-621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>

Liu B, Chen X, Chen Y, Tian S, Li J, Fang Z, Yang M. 2013. Age, maturation, and population structure of the Humboldt squid *Dosidicus gigas* off the Peruvian Exclusive Economic Zones. (Presented at the 4th meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO, The Hague, Netherlands, 10-15 October 2016 as document SPRFMO SC-04-19). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. Vol. 31(1): 81-91

Lluch-Cota D, Lluch-Belda D, Lluch-Cota S, López-Martínez J, Nevárez-Martínez M, Ponce-Díaz G, Salinas-Zavala G, Vega-Velazquez A, Lara-Lara JR, Hammann G, Morales J. 1999. Las pesquerías y El Niño. En: Magaña-Rueda VO (ed.), Los Impactos de El Niño en México. DGPC-SG-UNAM-IAI-SEP-CONACYT, México, pp. 137-178.

Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50-60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>

Maynez, V.E. (2018). Estudio acústico del calamar gigante, *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835): detección, caracterización y evaluación de biomasa en el Golfo de California, México.

Morales Bojórquez, E., & Pacheco Bedoya, J. L. (2016). Population Dynamics of Jumbo Squid *Dosidicus gigas* in Pacific Ecuadorian Waters. *BioOne*, 211-224.

Naciones Unidas . (2021). En EVALUACIÓN MUNDIAL DE LOS OCÉANOS II (pág. 169). New York.

Nedeléc C, Prado J. 1999. Definición y Clasificación de las diversas categorías de artes de pesca. FAO, Documento Técnico de Pesca. N° 222: 109.

Pacheco, J. L. (2015). Estado de explotación de los principales recursos comerciales, sus pesquerías y la estructura de los ecosistemas.

Pacheco, B. J. (2021). INFORME CIENTÍFICO TÉCNICO SOBRE LA PESQUERÍA DEL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus Gigas*(D' Orbigny, 1835) EN AGUAS ECUATORIANAS, COMO INSUMO PARA EL ACUERDO ORIANAS, COMO INSUMO PARA EL ACUERDO. Guayaquil: Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.

Pacheco, J. (2020). Aspectos biológicos pesqueros del calamar gigante (*Dosidicus*). Guayaquil: INSTITUTO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN DE ACUICULTURA Y PESCA.

Parzen, E. (1962). On estimation of a probability density function and mode. *The Annals of Mathematical Statistics*, 33(3), 1065-1076. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177704472>

Pons, M., Lorenzo, M. I., & Domingo, A. (2015). Descripción de las Pesquerías Uruguayas y Evolución de las Capturas de Condrictios. En) Revisión de Planes de Acción Nacional para la Conservación de Aves Marinas y Condrictios en las Pesquerías (págs. 164-165). Domingo A, Forselledo R, Jiménez S .

Serrano, D., & Guallart, J. (2011). Morphometric characterisation of cephalopod beaks of the genus *Histioteuthis* caught in the Balearic Sea. Valencia : Universidad Católica de Valencia.

Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461-464. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>

Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83. <https://doi.org/10.2307/3001968>

Zavala, César A. & Bazzino Ferreri, Gaston & Camarillo Coop, Susana & Rosas-Luis, Rigoberto & Mejía-Rebollo, Arminda & Ramos, Jorge. (2010). El calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835).

13. Anexos

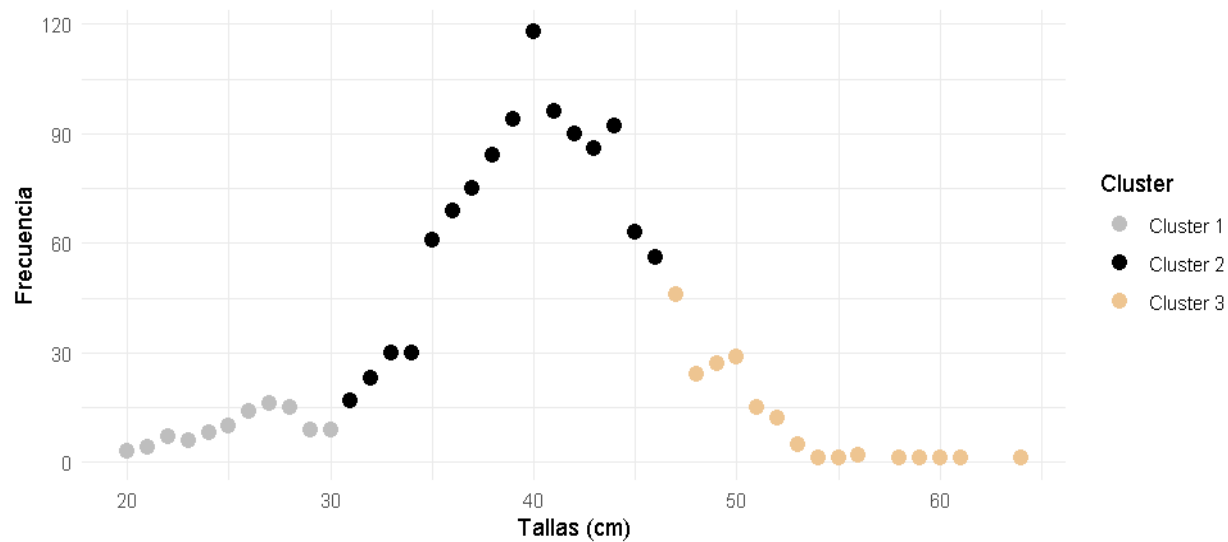
Anexo A. *Tabla de toma de datos biométricos.*

Fecha de recolección:		
Especie:		
Sitio en donde se obtuvo los ejemplares:		
N° de muestra	Longitud del manto (cm)	Peso del manto (gr)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Anexo B. *Tabla total de datos muestreados por los meses de estudio.*

Longitud del manto (Cm)	Meses de estudio									TOTAL
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
20				3						3
21				4						4
22				5	2					7
23				6						6
24				7	1					8
25	2			8						10
26	2			10	2					14
27	3			8	4	1				16
28	5			5	2	3				15
29	1			4	2	3				9
30	1			4	2	3				9
31	5	1	1	4	1	5				17
32	7		2	3	5	6				23
33	10	1	4	3	2	9	1			30
34	12		8	2	5	3				30
35	15	8	12	5	8	9	3			61
36	21	4	16	9	6	12	2			69
37	14	12	17	8	5	9	7	1	1	75
38	16	9	16	15	5	14	6	2		84
39	15	15	19	13	6	14	4	7		94
40	24	23	17	20	4	16	5	6	3	118
41	18	22	19	10	1	13	6	6	2	96
42	9	25	22	9	2	6	3	12	2	90
43	15	18	20	13	1	5	4	7	2	86
44	10	30	18	13	5	1	1	10	4	92
45	13	12	15	6	2	3	2	6	4	63
46	11	10	12	6	1	1		7	6	56
47	7	15	7	3	2	4		2	6	46
48	2	5	7	2	3			1	4	24
49	6	7	5	1	3	2		1	2	27
50	3	12	2	1	1			2	8	29
51	2	8						1	4	15
52	2	4	1					1	4	12
53		2							3	5
54		1								1
55									1	1
56									2	2
57										0
58									1	1
59									1	1
60	1									1
61									1	1
62										0
63										0
64		1								1
TOTAL	252	245	240	210	83	142	44	72	61	1352

Anexo C. Grupos modales de LM (cm) del Calamar gigante del acorde al análisis de K-means clustering. Clústers de datos de tallas con $K=3$ / K-means



Anexo D. Frecuencia de tallas por meses de estudio.

Longitud del manto (Cm)	Meses de estudio									TOTAL
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
20				3						3
21				4						4
22				5	2					7
23				6						6
24				7	1					8
25	2			8						10
26	2			10	2					14
27	3			8	4	1				16
28	5			5	2	3				15
29	1			4	2	3				9
30	1			4	2	3				9
31	5	1	1	4	1	5				17
32	7		2	3	5	6				23
33	10	1	4	3	2	9	1			30
34	12		8	2	5	3				30
35	15	8	12	5	8	9	3			61
36	21	4	16	9	6	12	2			69
37	14	12	17	8	5	9	7	1	1	75
38	16	9	16	15	5	14	6	2		84
39	15	15	19	13	6	14	4	7		94
40	24	23	17	20	4	16	5	6	3	118
41	18	22	19	10	1	13	6	6	2	96
42	9	25	22	9	2	6	3	12	2	90
43	15	18	20	13	1	5	4	7	2	86
44	10	30	18	13	5	1	1	10	4	92
45	13	12	15	6	2	3	2	6	4	63
46	11	10	12	6	1	1		7	6	56
47	7	15	7	3	2	4		2	6	46
48	2	5	7	2	3			1	4	24
49	6	7	5	1	3	2		1	2	27
50	3	12	2	1	1			2	8	29
51	2	8						1	4	15
52	2	4	1					1	4	12
53		2							3	5
54		1								1
55									1	1
56									2	2
57										0
58									1	1
59									1	1
60	1									1
61									1	1
62										0
63										0
64		1								1
TOTAL	252	245	240	210	83	142	44	72	61	1352

*Anexo E. Medición de la longitud del manto del *Dosidicus gigas*.*



*Anexo F. Toma del peso del manto del *Dosidicus gigas*.*



Anexo G. *Anexo G. Visita del docente tutor al área de estudio.*



Anexo H. *Observación del Dosidicus gigas.*



Anexo I. *Manto del Dosidicus gigas.*



Anexo J. *Facilidad pesquera del puerto de Santa Rosa.*

