



**Secretaría de Agricultura y Ganadería
Dirección General de Pesca y Acuicultura
SAG-DIGEPESCA**

Evaluación del recurso langosta espinosa *Panulirus argus* en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras.



**Temporada de Pesca 2024-2025
Acuerdo Ministerial SAG-121-2024**

Informe realizado por:
M. Sc. Marco Herminio Osorto-Nuñez
Jefe de Investigación y Transferencia de Tecnología
Tegucigalpa, M.D.C. 19 de Mayo de 2025

**Evaluación del recurso langosta
espinosa *Panulirus argus* en
embarcaciones artesanales avanzadas
en el Caribe de Honduras.**



Evaluación de la
langosta
espinosa en el
Caribe de
Honduras
Documento final

Por:

M. Sc. Marco Herminio Osorto-Nuñez

Jefe de Investigación y Transferencia de Tecnología

Dirección General de Pesca y Acuicultura

Secretaría de Agricultura y Ganadería

Tegucigalpa, Honduras

marco.osorto@sag.gob.hn

Revisado por:

M. Sc. Kaina Alvarado

Directora General de Pesca y Acuicultura

Dirección General de Pesca y Acuicultura

Secretaría de Agricultura y Ganadería

Tegucigalpa, Honduras

kaina.alvarado@sag.gob.hn

Lic. Mirella González Florentino

Subdirector General de Pesca y

Acuicultura

Dirección General de Pesca y Acuicultura

Secretaría de Agricultura y Ganadería

Tegucigalpa, Honduras

mirella.florentino@sag.gob.hn

Lic. Alexis Irías

Asesor de Pesca

Dirección General de Pesca y Acuicultura

Secretaría de Agricultura y Ganadería

Tegucigalpa, Honduras

alexis.irias@sag.gob.hn

Citar como: Osorto-Nuñez, M.H. (2025). Evaluación del recurso langosta espinosa *Panulirus argus* en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras. Acuerdo Ministerial SAG-121-2024. Secretaría de Agricultura y Ganadería-Dirección General de Pesca y Acuicultura. Tegucigalpa, Honduras



Índice de Contenido

Índice de Figuras.....	5
Índice de Tablas	7
Agradecimientos	8
Acrónimos y abreviaturas	9
Resumen ejecutivo	10
I. Introducción.....	12
II. Antecedentes	16
III. Objetivos	18
3.1. Objetivo general.....	18
3.2. Objetivos específicos	18
IV. Materiales y métodos	19
4.1. Área de estudio	19
4.2. Datos de la pesquería de langosta en embarcaciones artesanales avanzadas.....	19
4.3. Estructura poblacional	21
4.4. Estado reproductivo de las hembras	23
4.5. Proporción de muda	24
4.6. Capturas Por Unidad de Esfuerzo	24
4.7. Muestreo biométrico	24
4.8. Modelo LIME para evaluación del recurso	25
4.8.1. Datos para el modelo.....	25
V. Resultados.....	27
5.1. Capturas de la flota artesanal avanzada	27
5.3. Estructura de tallas (muestreo a bordo de embarcaciones).....	32
5.4. Muestreo morfométrico en plantas de procesamiento	34
5.6. Actividad reproductiva de langosta hembras.....	37
5.7. Proporción de mudas.....	38
.....	39
5.8. Evaluación de la pesquería mediante la aplicación del modelo LIME	40
5.8.1. Composición por tallas	40
5.8.2. Convergencia del modelo.....	40
5.8.3. Estimaciones de LIME de los parámetros clave de la población	41
VI. Discusión.....	44



6.1.	Capturas de la flota artesanal	44
6.2.	Capturas por Unidad de Esfuerzo	44
6.3.	Estructura de tallas	45
6.4.	Características Biológicas	46
6.5.	Actividad reproductiva.....	47
6.6.	Proporción de mudas.....	48
6.7.	Evaluación del stock	48
VII.	Conclusiones	50
VIII.	Recomendaciones	52
IX.	Literatura citada	55



Índice de Figuras

Figura 1. Distribución actual de la langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en el Gran Caribe.....	12
Figura 2. Distribución de la langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en el Caribe de Honduras. ...	13
Figura 3. Delimitación de las áreas de pesca para la pesquería de la langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en el Caribe de Honduras en temporada 2024-2025.	19
Figura 4. Zonas de donde se obtuvieron las muestras de individuos completos de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.....	20
Figura 5. La diferencia entre una langosta hembra y macho puede observarse en su abdomen. Las hembras se identifican más fácilmente por los dos pares de pleópodos (o apéndices nadadores) por segmento abdominal, los cuales tienen apariencia plumosa. Los machos presentan un solo par de pleópodos por segmento abdominal y estos no tienen aspecto plumoso.	22
Figura 6. Características morfométricas registradas de la langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> para el Proyecto Científico de langosta espinosa en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras para la Temporada 2024-2025.....	22
Figura 7. Langosta hembra con huevos de color naranja bajo la cola (círculo rojo), B. Langosta con la masa espermatófora o espermateca (Círculo azul), C. Langosta hembra con restos de huevos de color marrón (círculo negro) y D. Langosta hembra con el espermatóforo color gris erosionado (círculo naranja) ubicado bajo su abdomen.....	23
Figura 8. Comportamiento estacional de las capturas de langosta en embarcaciones artesanales avanzadas en Honduras, para la temporada de pesca 2024-2025.	28
Figura 9. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) expresada en libras de cola de langosta por día efectivo de pesca durante la temporada 2024-2025. Los datos representan capturas individuales por embarcación, registradas durante un día efectivo de pesca, según los registros de observadores científicos a bordo.....	29
Figura 10. Distribución espacial de las Capturas Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) por día efectivo de pesca de la pesquería de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) en la Zona de Pesca Industrial I en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.	30
Figura 11. Distribución espacial de las Capturas Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) por día efectivo de pesca de la pesquería de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) en la Zona de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.....	31
Figura 12. Distribución espacial de las embarcaciones avanzadas que y las zonas donde realizaron capturas en la pesquería de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) para la temporada 2024-2025.	32
Figura 13. Distribución de frecuencia de tallas (longitud abdominal y cefalotorácica, en mm) de <i>Panulirus argus</i> obtenidas de muestreos en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.	33
Figura 15. Distribución de frecuencia de tallas (longitud cefalotórax en mm) por categorías sexuales en <i>Panulirus argus</i> obtenidas de muestreos en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.....	34
Figura 14. Distribución de frecuencia de tallas (longitud abdominal en mm) por categorías sexuales en <i>Panulirus argus</i> obtenidas de muestreos en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.....	34
Figura 16. Distribución de frecuencia de tallas (longitud abdominal en mm) de <i>Panulirus argus</i> provenientes de muestreos de plantas de procesamiento en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.	35



Figura 17. Proporción de sexo de 6,945 individuos muestreados de langosta espinosa *Panulirus argus* en la Zona de Pesca Industrial I y Zonas de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.36

Figura 18. Distribución de los individuos de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en relación con los diferentes tipos de estratos en la Zona de Pesca Industrial I y Zonas de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.....37

Figura 19. Variación mensual del del estado reproductivo de langostas hembras en los muestreos a bordo de barcos artesanales avanzados en la Zona de Pesca Industrial I y Zonas de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025. Estado Reproductivo: OV: Ovigera, CE: Con Espermateca, CRE: Con restos de espermateca, CRE_OV: Cons restos de espermateca más ovigera.....38

Figura 20. Porcentaje mensual de organismos (machos y hembras) con muda de *Panulirus argus*, con respecto al número mensual de hembras y machos y al número total de organismos por mes en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.....39

Figura 21. Distribución de tallas de langosta de *Panulirus argus* en mm longitud de cola, con intervalos de amplitud de clase 10 mm, provenientes de muestreos de plantas de procesamientos en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.....40

Figura 22. Comparación entre la composición por longitudes (área sombreada) en mm de longitud abdominal LA, respecto de las predicciones del modelo LIME (línea continua) ajustado a la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.41

Figura 23. Estimaciones de LIME de los parámetros clave de la población. A). Tasa de mortalidad por pesca F (año-1), la estimación para la temporada (barra naranja). B). Selectividad, curva logística con parámetros $S_{50}= 167.39$ y $S_{95}= 168.69$ mm longitud abdominal (LA). C). La Proporción del Potencial Reproductivo SPR (siglas en inglés). D). Estimaciones de la biomasa del stock reproductor de langosta, en miles de libras de cola. Todas las estimaciones son resultado del ajuste del modelo LIME a datos de composición por longitudes y capturas.....43



Índice de Tablas

Tabla 1. Listado de embarcaciones artesanales avanzadas que forman parte del Proyecto Científico Langosta Espinosa (<i>Panulirus argus</i>) en el Caribe de Honduras, temporada 2024-2025.....	21
Tabla 2. Parámetros biológicos de la langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) para la evaluación del estado del recurso provenientes de embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.	26
Tabla 3. Capturas por viaje de cola de langosta por la flota artesanal avanzada de la pesquería de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) para la temporada 2024-2025. V: Viaje.	27
Tabla 4. Capturas por Unidad de Esfuerzo para la pesquería de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) en embarcaciones artesanales avanzadas en la temporada 2024-2025.	28
Tabla 5. Resultados del ajuste del modelo LIME a datos de talla y capturas en la pesquería de langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.....	42



Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Dirección General de Pesca y Acuicultura (DIGEPESCA) por su invaluable apoyo institucional, respaldo técnico y compromiso con la investigación científica aplicada a la gestión sostenible de los recursos pesqueros. Su liderazgo ha sido fundamental para la implementación de protocolos estandarizados y el fortalecimiento de las capacidades de monitoreo pesquero en Honduras.

De manera especial, reconozco la destacada labor de la Ministra de la Secretaría de Agricultura y Ganadería Ph. D. Laura Suazo y M. Sc. Kaina Alvarado, Directora General de DIGEPESCA, cuya visión estratégica, dedicación y apoyo continuo fueron determinantes para el éxito de este proyecto en todas sus etapas. Su compromiso con la pesca responsable y la conservación de los recursos marinos ha sentado un precedente en la gestión pesquera nacional. Asimismo, un agradecimiento especial a Lic. Mirella Gonzalez, subdirectora de pesca y Lic. Alexis Irias, asesor técnico de pesca por su constante apoyo y esfuerzo, así como sus valiosos aportes y comentarios para mejorar este informe técnico.

Agradezco profundamente a los ingenieros inspectores de planta y observadores científicos a bordo, cuyo esfuerzo, profesionalismo y rigurosidad en la recolección de datos fueron esenciales para garantizar la calidad de este estudio. Su trabajo en condiciones logísticas complejas, especialmente a bordo de las embarcaciones artesanales avanzadas, demuestra un admirable compromiso con la ciencia y la sostenibilidad pesquera.

Un reconocimiento especial a los ingenieros observadores científicos Carlos Estrada, Edgar Turcios y Alejandro Quiroz, así como los inspectores de planta Ramón Barahona y Ulises Flores, por su contribución con el registro fotográfico de *Panulirus argus*, el cual enriqueció sustancialmente este informe.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a los jefes departamentales y coordinadores regionales de DIGEPESCA, cuya gestión logística y apoyo operativo facilitaron la ejecución eficiente del trabajo de campo. Su colaboración interinstitucional ha sido clave para el desarrollo de investigaciones científicas con impacto directo en la toma de decisiones para el manejo pesquero en Honduras.



Acrónimos y abreviaturas

- CE:** Con espermateca (hembras)
CPUE: Captura por Unidad de Esfuerzo (*Catch Per Unit Effort*)
CRE: Con restos de espermateca (hembras)
CRE+OV: Con restos de espermateca y ovígera (hembras)
DIGEPESCA: Dirección General de Pesca y Acuicultura (Honduras)
F: Mortalidad por pesca (*Fishing mortality*)
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
K: Coeficiente de crecimiento (modelo de von Bertalanffy)
 L_{∞} : Longitud asintótica (modelo de von Bertalanffy)
LA: Longitud abdominal
LC: Longitud cefalotorácica
LIME: *Length-Based Integrated Mixed-Effects* (Modelo de evaluación poblacional basado en tallas)
LT: Longitud total
M: Mortalidad natural (*Natural mortality*)
 M_{50} : Longitud a la cual el 50% de los individuos alcanzan la madurez sexual.
MARPLESCA: Proyecto Piloto "Manejo Subregional de las Pesquerías de Langosta Espinosa del Caribe"
OSPESCA: Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano
 S_{50} : Longitud a la cual el 50% de los individuos son vulnerables a la pesca.
 S_{95} : Longitud a la cual el 95% de los individuos son vulnerables a la pesca.
SAG: Secretaría de Agricultura y Ganadería (Honduras)
SAM: Sistema Arrecifal Mesoamericano
SB: *Spawning Biomass* (Biomasa del stock reproductor)
 SB_0 : Biomasa reproductora virginal (en ausencia de pesca)
SCUBA: *Self-Contained Underwater Breathing Apparatus* (buceo autónomo)
SPR: *Spawning Potential Ratio* (Proporción del Potencial Reproductivo)
 t_0 : Edad teórica a longitud cero (modelo de von Bertalanffy)
ZEE: Zona Económica Exclusiva
 β : Reclutamiento de equilibrio en el modelo LIME.
 σ_R : Desviación estándar del reclutamiento.
 χ^2 : Prueba de Chi-cuadrado (análisis estadístico)



Resumen ejecutivo

La langosta espinosa del Caribe (*Panulirus argus*), constituye un recurso marino de alto valor ecológico y económico en la región del Atlántico Occidental. Su distribución abarca aguas tropicales y subtropicales, siendo particularmente relevante para las pesquerías hondureñas desde la década de 1980. En Honduras, la pesca de langosta se realiza de manera industrial, bajo la modalidad de nasa y buceo, y artesanal avanzado bajo el método de buceo. Inicialmente, las embarcaciones artesanales avanzadas se dedicaban a la pesca de pepino de mar, pero, debido a presunciones sobre la sobreexplotación de este recurso, la DIGEPESCA y los armadores acordaron bajo enfoque precautorio, redirigir su esfuerzo hacia la langosta. Sin embargo, en 2023, la nueva administración de DIGEPESCA insistió en que estas embarcaciones debían limitarse a la pesca de escama, lo que generó protestas de los pescadores, quienes en mayo de 2024 solicitaron su inclusión definitiva en la flota langostera.

SAG-DIGEPESCA rechazó la petición por considerarla improcedente, debido a que no había medidas de ordenamiento claras sobre esta pesquería artesanal avanzada. Sin embargo, propuso la realización de un estudio de prospección (2024-2025), para evaluar la viabilidad de integrar estas embarcaciones dentro de la flota pesquera y bajo la pesca de langosta espinosa, pero con base científica. El 24 de junio de 2024, la SAG/DIGEPESCA autorizó la pesca de investigación con observadores científicos a bordo de las embarcaciones de pesca artesanal avanzada para recopilar datos morfométricos de las capturas y de esfuerzo pesquero y con ello contar información que permita iniciar la evaluación preliminar del stock de langosta. Esta reorientación requirió una revisión exhaustiva en términos metodológicos y científicos para garantizar una óptima evaluación en la perspectiva de instaurar medidas dirigidas a la sostenibilidad del recurso y de la eventual viabilidad o inviabilidad para el aprovechamiento bajo esta nueva modalidad pesquera.

A partir de lo anterior se estableció como objetivo de la investigación, evaluar el estado actual del recurso mediante cuatro ejes principales: dinámica de capturas, características biológicas, parámetros reproductivos y evaluación de stock. El estudio se desarrolló en embarcaciones artesanales avanzadas de Langosta, en el Caribe Hondureño, que desarrollaron actividades pesqueras en los bancos Rosa Linda, Thunder Knoll y Gorda (Zona Industrial I), así como en la Zona de Pesca Artesanal (Zonas 1-4). De agosto de 2024 a febrero de 2025, diez embarcaciones fueron monitoreadas por observadores científicos de DIGEPESCA, recolectando datos morfométricos (longitud total, abdominal y cefalotorácica), proporción sexual, estados reproductivos y frecuencia de muda.

Los datos fueron analizados aplicando, pruebas χ^2 para proporciones sexuales, cálculo de CPUE y aplicación del modelo LIME (Length-Based Integrated Mixed-Effects) con parámetros de crecimiento de von Bertalanffy ($L_{\infty}=276$ mm, $k=0.24$ año⁻¹, $t_0=0.44$ años) y mortalidad natural ($M=0.35$ año⁻¹). La selectividad del arte se evaluó mediante parámetros S50 (167.4 mm) y S95 (168.7 mm).

La flota artesanal avanzada registró una captura total de 51,539.51 libras de cola, registrándose su máxima productividad en agosto-septiembre (CPUE=7.06 lb/buzo/día). El Banco Gorda mostró la mayor eficiencia pesquera (25.5 lb/buzo/día), seguido por la Zona 4 (25.4 lb/buzo/día). La estructura de tallas reveló una media global de 165 mm (LA y LC), con hembras ligeramente mayores (167 mm vs. 163 mm en machos). Se identificó un marcado desequilibrio sexual (2:1) y predominio de sustratos mixtos (38.82%) y rocosos (37.12%). Los



indicadores reproductivos mostraron que el 26% de las hembras presentaban madurez sexual, con picos altos de actividad en agosto-septiembre. La frecuencia de muda fue significativamente mayor en hembras (11% vs. 4% en machos).

El modelo LIME estimó una mortalidad por pesca ($F=0.556$) que reduce el potencial reproductivo a 43% ($SPR=0.43$), con biomasa reproductora actual en 37% del nivel virginal ($SB_0=242,874.2$ unidades). La estrecha ventana de selectividad (1.3 mm) captura preferentemente individuos recién maduros (167-170 mm), limitando el aporte de reproductores de tallas mayores (>200 mm).

Los hallazgos demuestran que la pesquería opera en el límite de su sostenibilidad, eventualmente asociada a la combinación de alta mortalidad pesquera ($F=0.556$), reclutamiento variable ($\sigma_R=0.617$) y selectividad extremadamente precisa sobre individuos recién maduros, lo que compromete la resiliencia poblacional. Lo anterior permite inferir la urgencia de implementar: 1) ajustes en la talla mínima de captura, 2) protección de hembras ovígeras y reproductores grandes, y 3) sistemas de rotación espacial de áreas pesqueras, 4) mantener o ajustar la temporalidad del período de veda.

Es importante, además, adoptar el sistema de reclasificación de la flota "artesanal avanzada" según tonelaje real (5-10 toneladas) y el establecimiento de un programa continuo de monitoreo genético y de reclutamiento, ambas medidas se consideran esenciales para garantizar la viabilidad a largo plazo de este recurso. Es importante destacar que estos resultados constituyen una base científica para la adecuada toma de decisiones, de manera particular, la transición hacia un modelo de gestión y manejo armonizado con la dinámica ecosistémica que finalmente favorezca la conservación y sostenibilidad del recurso; integrando el modelo de gestión y las consideraciones socioeconómicas y culturales vinculadas a esta actividad pesquera.

Palabras claves: Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), Estructura poblacional, Evaluación del Stock, Langosta espinosa, Modelo LIME, Mortalidad por pesca, Pesquería sostenible.



I. Introducción

El crustáceo decápodo *Panulirus argus*, conocido comúnmente como langosta espinosa del Caribe, es una especie ampliamente distribuida en las aguas tropicales y subtropicales del Atlántico occidental (Williams, 1965). Este valioso recurso marino no solo es apreciado para el consumo local, sino que también constituye un importante producto de exportación (Ehrhardt, 2005a). Su hábitat preferido se encuentra en las zonas menos profundas de la plataforma continental, donde se asocia principalmente con los ecosistemas de arrecifes de coral en la región central del Atlántico occidental (Ehrhardt, 2005a). La distribución de *P. argus* se extiende desde las Bermudas hasta las costas de Brasil, incluyendo el litoral sureste de Estados Unidos, específicamente en Florida (Figura 1). Dada su extensa distribución geográfica, esta especie sustenta pesquerías de gran relevancia económica en diversos países, entre los que destacan Estados Unidos, Cuba, Bahamas, Nicaragua, Honduras, México y Brasil. La explotación sostenible de este recurso representa un desafío crucial para la gestión pesquera en la región (Ehrhardt, 2005a).

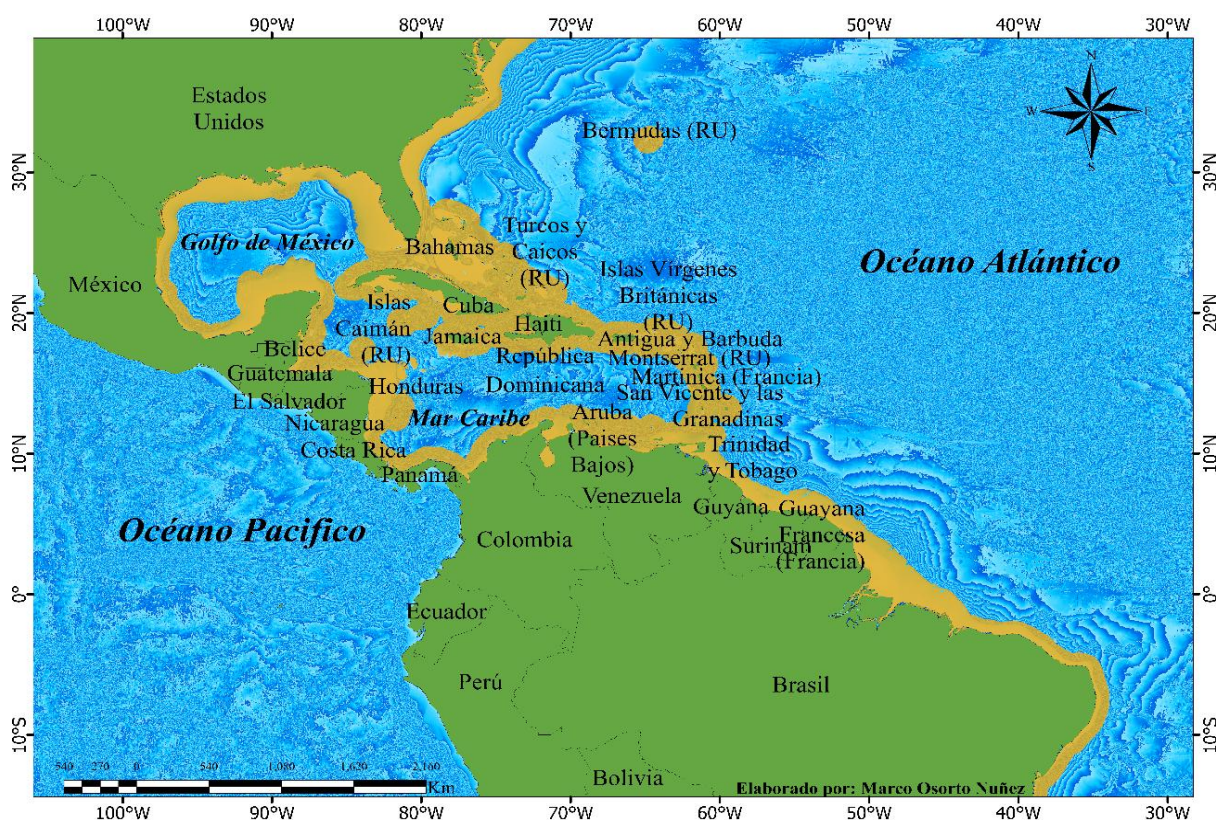


Figura 1. Distribución actual de la langosta espinosa *Panulirus argus* en el Gran Caribe.

La langosta espinosa (*Panulirus argus*) en Honduras se distribuye principalmente en la región del Caribe en la Zona económica Exclusiva, donde tanto la flota industrial como la artesanal avanzada desarrollan sus actividades de captura. La pesca industrial tiene su base operativa en las Islas de la Bahía, desde donde las embarcaciones de mayor capacidad despliegan sus operaciones. Por su parte, la flota artesanal avanzada concentra sus esfuerzos pesqueros en el Departamento de Gracias a Dios. Estas embarcaciones realizan su pesca en los bancos ubicados al norte del paralelo 15. Entre estas áreas destacan los bancos de Rosa Linda, Thunder Knoll, Gorda y los Cayos Miskitos, que incluyen zonas como Arrecife Lagarto y Media Luna (Figura



2). Además, se extienden hacia los bancos situados al norte de las Islas del Cisne, conocidos como Rosario y Misteriosa, los cuales también representan zonas clave para la captura de este recurso.

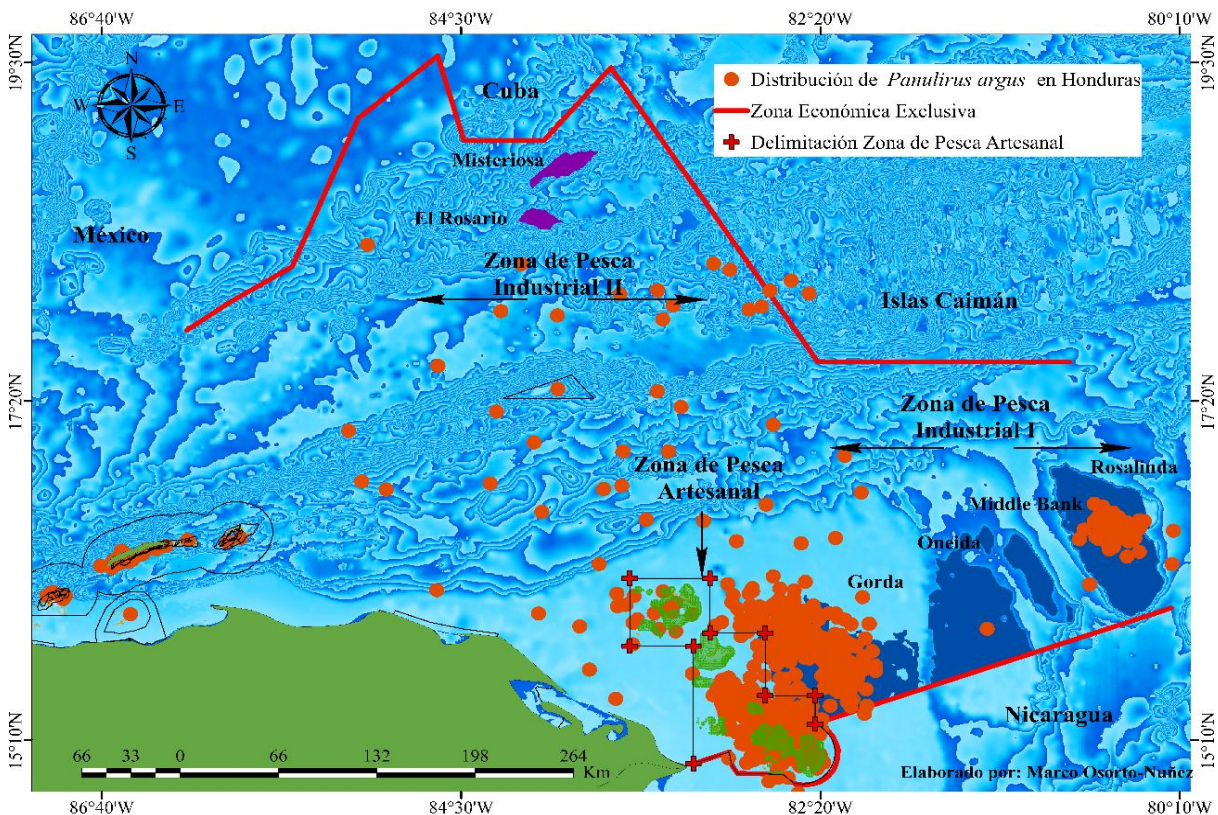


Figura 2. Distribución de la langosta espinosa *Panulirus argus* en el Caribe de Honduras.

Las poblaciones de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Caribe conforman una metapoblación, definida como un conjunto de poblaciones locales interconectadas mediante la migración de individuos en distintas etapas de su ciclo de vida (Seijo, 2007). Este fenómeno de conectividad es fundamental para la estabilidad y resiliencia de la especie. Su ciclo de vida, de notable complejidad, consta de cinco fases, entre las cuales destaca una fase planctónica que puede extenderse entre cinco y doce meses, dependiendo de las condiciones ambientales (Bolaños-Cubillos et al., 2015). Tras esta fase, las larvas se asientan en hábitats costeros, donde completan su desarrollo juvenil y adulto. Estos hábitats suelen ubicarse en aguas someras, aunque pueden extenderse hasta profundidades de aproximadamente 90 metros (FAO, 2001).

La anatomía general de *Panulirus argus* se ajusta al plan corporal típico de los decápodos, que consiste en cinco segmentos cefálicos y ocho torácicos fusionados para formar el cefalotórax. El caparazón, una estructura dura en forma de escudo, protege esta parte del cuerpo y es frecuentemente utilizado como estándar para medir la longitud del organismo. Todos los segmentos tienen apéndices pares que sirven para la locomoción, la sensación o ambas funciones (Cobb & Phillips, 1980). Desde la cabeza, los apéndices se ordenan comenzando con las primeras antenas, segundas antenas, mandíbulas, primeras maxilas y segundas maxilas.

Como características anatómicas principales esta especie presenta cinco pares de patas caminadoras llamadas pereópodos y una cola segmentada en seis partes. Las antenas funcionan principalmente para obtener información sensorial mediante quimiorrecepción, al igual que los



dáctilos de las patas caminadoras y las piezas bucales involucradas en el manejo de alimentos. Las langostas tienen una gran capacidad visual, lograda a través de sus ojos compuestos laterales y pares. Además, pelos superficiales altamente distribuidos detectan movimientos del agua (Cobb & Phillips, 1980).

El ciclo de vida comienza con el apareamiento de individuos adultos maduros, cuyas tallas oscilan entre 78 y 81 mm de longitud de caparazón (Lc) (Cruz & De Leon, 1991). Durante el apareamiento, el macho transfiere una espermateca, una estructura que contiene esperma encapsulado en una sustancia cementante, a la hembra. La fecundación ocurre cuando la hembra libera los gametos masculinos, los cuales fertilizan los huevos que permanecen adheridos a sus pleópodos hasta el momento del desove. Las hembras grávidas suelen desovar en zonas arrecifales profundas, donde encuentran condiciones óptimas de refugio, calidad de agua y transporte larval mediado por corrientes marinas (Marx & Herrkind, 1986).

La fecundidad de las hembras está directamente correlacionada con su tamaño (Marx & Herrkind, 1986) y puede verse influenciada por la intensidad del esfuerzo pesquero (Lyons et al., 1981). La madurez sexual se alcanza entre los 78 y 81 mm de longitud de caparazón (Baisre, 2000; Cruz & De Leon, 1991), y no parece estar afectada por variaciones geográficas ni por la presión pesquera. El apareamiento ocurre principalmente entre febrero y marzo, y las hembras retienen el espermatóforo hasta marzo-abril, cuando los huevos son liberados, fertilizados y adheridos a los pleópodos. La eclosión tiene lugar tras un período de incubación de 3 a 4 semanas, predominantemente entre abril y mayo. El número de huevos varía entre 159,000 y 1,629,000, y se relaciona con la longitud de caparazón mediante la ecuación: $F=0.5911+CL2.9666$ (Baisre, 2000; Cruz & De Leon, 1991).

Tras la eclosión, las larvas, conocidas como filosomas, son diminutas, planas y transparentes, con excepción del pigmento ocular. Estas larvas se dispersan en la columna de agua oceánica, donde experimentan una serie de metamorfosis hasta convertirse en postlarvas o puerulus. Estas últimas migran hacia la costa, donde se asientan en sustratos de estructura compleja, preferentemente cubiertos por algas rojas del género *Laurencia* (Marx & Herrkind, 1986).

Los puerulus se transforman en juveniles dentro de los 10 días posteriores al asentamiento (Cruz, 2002). Durante esta fase, los juveniles permanecen en áreas someras, alimentándose y refugiándose en hábitats cercanos. A partir de los 15-45 mm de longitud de caparazón, se observa un cambio en su comportamiento, pasando de ser solitarios a gregarios, y aumentando su movilidad en busca de refugios como grietas, huecos en rocas o corales, y esponjas (Cruz, 2002; Marx & Herrkind, 1986).

Las langostas adultas exhiben patrones de migración que trascienden fronteras geopolíticas. Esto, sumado a la fase larval planctónica de 8 a 11 meses, sujeta al transporte por corrientes oceánicas, convierte a la especie en un recurso compartido por múltiples países (Seijo, 2007). En su etapa adulta, la langosta espinosa puede alcanzar hasta 40 cm de longitud total y habita arrecifes de coral a profundidades que oscilan entre 3 y 55 metros. Son tigmotácticas y tienden a agruparse en refugios cerrados, como agujeros naturales en arrecifes, afloramientos rocosos o estructuras artificiales (CFMC, NOAA, GMFMC, SAFMC, 2008). Como adultos, las langostas espinosas del Caribe sostienen pesquerías comerciales, recreativas y artesanales a lo largo de su rango geográfico (Davis & Dodrill, 1989).



Dada la amplia distribución de *Panulirus argus*, desde Bermudas hasta Brasil, es difícil determinar una estructura de stock definitiva para esta especie. Las corrientes marinas y otros factores hidrodinámicos influyen en el movimiento del agua a lo largo del rango de distribución de *P. argus*. La prolongada duración de la fase larval, durante la cual las larvas son transportadas por las corrientes, dificulta severamente la capacidad de los científicos para definir una estructura de stock clara (CFMC, NOAA, GMFMC, SAFMC, 2008).

Finalmente, las poblaciones de *Panulirus argus* experimentan una preocupante disminución, con evidencias de sobreexplotación en diversas áreas de su distribución (Butler et al., 2011; FAO, 2019). En 2022, a nivel global se registró una captura total de 31,503.64 TM (FAO, 2025), sin embargo, en el año 2016 se registró la captura más alta con aproximadamente 39,244 toneladas en toda su área de distribución, siendo Cuba, las Bahamas y Nicaragua los principales productores (Atherley et al., 2021). La comercialización de este valioso recurso se orienta primordialmente hacia los mercados internacionales, con Europa y Asia como principales destinos. Adicionalmente, una porción significativa abastece los mercados turísticos locales, contribuyendo a las economías regionales. Por lo que, la gestión sostenible de este recurso representa un desafío crítico para la conservación de la especie y la viabilidad a largo plazo de las pesquerías que dependen de ella.



II. Antecedentes

La pesquería de langosta espinosa en Honduras se ha convertido en una de las más importantes del país desde 1980, en gran parte debido a la incorporación de flotas nicaragüenses que migraron tras los conflictos políticos de 1979. Esta industria es predominantemente industrial, con menos del 4% de los desembarques provenientes del sector artesanal. La flota pesquera, que inició sus operaciones a principios de la década de 1960, está compuesta principalmente por arrastreros de camarón adaptados para la captura de langosta y barcos diseñados específicamente para este propósito. Utilizan comúnmente nasas o trampas de madera de 100 × 60 × 50 cm, aunque el buceo también es un método significativo de captura.

El número de embarcaciones ha fluctuado considerablemente, pasando de más de 135 en 1974 a superar los 190 en 1989 (SECPLAN, 1990), actualmente la flota está integrada por 86 embarcaciones nasa, 29 de buceo y 12 embarcaciones de pesca artesanal avanzada. Las estadísticas sobre el tamaño real de la flota desarrollando faenas de pesca suelen ser imprecisas debido a la posible operación de embarcaciones nicaragüenses desde Honduras después de 1979 y a discrepancias entre el número de embarcaciones con las licencias otorgadas y el número de barcos efectivamente en operación (Phillips & Kittaka, 2008).

Las operaciones pesqueras se centran en las Islas de la Bahía (Útila, Roatán y Guanaja) y en varios puertos continentales como Cortés, La Ceiba, Tela, Trujillo, Castilla y la Bahía de Caratasca. Los desembarques de langosta espinosa han mostrado una evolución notable. Entre 1962 y 1969, las capturas fueron modestas, oscilando entre 22 y 80 toneladas de colas. A partir de 1970, se observó un aumento significativo, alcanzando 480 toneladas, seguido por una disminución entre 1972 y 1974. Un incremento abrupto se registró entre 1977 y 1978, continuando durante la década de 1980 hasta alcanzar un máximo de 3,231 toneladas de colas en 1986. Los desembarques se mantuvieron estables entre 2,300 y 3,000 toneladas hasta 1992, pero desde 1993 se ha observado una disminución significativa. La producción total de langosta para el año 2013 fue de 1,658 toneladas ocupando el puesto 15 en ese momento. Sin embargo, la producción hondureña de langosta alcanzó un máximo de 4,300 toneladas en 1986. Estas cifras preliminares indican algunos problemas con las capturas de langosta (Pereira & Josupeit, 2017).

Es importante señalar que más del 95% de los desembarques se exportan a Estados Unidos y las tendencias en los desembarques parecen estar influenciadas por factores políticos y económicos regionales. La privatización de la pesquería en Nicaragua y la reconstrucción de sus flotas después de 1990 pueden haber contribuido a la caída en los desembarques en Honduras a partir de 1992. Existe la posibilidad de que una fracción significativa de los desembarques en Honduras haya tenido su origen en la plataforma nicaragüense, sugiriendo que ambos países están explotando una población común de langosta espinosa en su amplia plataforma continental compartida (Phillips & Kittaka, 2008).

En la Zona económica Exclusiva de Honduras la pesca industrial de langosta es la actividad predominante. Esta se lleva a cabo mediante embarcaciones de gran capacidad, con alto calado y autonomía, las cuales emplean dos métodos principales de captura: el uso de nasas o trampas de madera y el buceo autónomo con equipo SCUBA (Irias et al., 2001). Cada una de estas flotas opera en zonas específicas: el buceo SCUBA se realiza en profundidades que oscilan entre los 7 y 35 metros, mientras que las nasas se utilizan en áreas más profundas, entre los 30 y 80 metros (Irias et al., 2001). Paralelamente, en aguas cercanas a la costa, se desarrolla una pesca



artesanal mediante embarcaciones menores, que en el caso de Honduras incluyen modalidad de pesca artesanal avanzada.

Inicialmente, la actividad de las embarcaciones artesanales avanzadas se centraba en la captura de pepino de mar. Sin embargo, los armadores de esta pesquería en conjunto con la administración de la Dirección General de Pesca y Acuicultura (DIGEPESCA) en años anteriores, establecieron un acuerdo para redirigir el esfuerzo pesquero. Esta iniciativa promovió que pescadores y armadores transitaran de la faena de pepino de mar a la pesca de langosta espinosa, con el objetivo principal de reducir la presión sobre las poblaciones de pepino de mar, debido al elevado número de pescadores dedicados a su captura. Esta situación ha persistido durante aproximadamente nueve años, reflejando una adaptación de la comunidad pesquera a las nuevas directrices, aunque no sin ciertas discrepancias entre la autorización formal y la práctica real.

La situación dio un nuevo giro en 2023 cuando la nueva administración de DIGEPESCA emitió un comunicado reiterando que estas embarcaciones debían dedicarse únicamente a la pesca de escama, en consonancia con lo acordado previamente. Esta decisión provocó una reacción inmediata por parte de los pescadores y armadores, quienes solicitaron el 7 de mayo de 2024 la inclusión definitiva de sus embarcaciones, a la flota pesquera Nacional dedicada a la pesca de langosta espinosa.

Frente a esta solicitud, la SAG-DIGEPESCA, actuando en cumplimiento del artículo 46 sobre el Registro y ordenamiento de la flota pesquera nacional, declaró improcedente la petición. No obstante, en un esfuerzo por encontrar una solución equilibrada, propuso como alternativa el desarrollo de un estudio de prospección para la pesca de langosta espinosa con embarcaciones artesanales avanzadas durante la temporada 2024-2025. Este estudio tiene como objetivo generar información científica crucial para fundamentar futuras decisiones sobre la posible integración de estas embarcaciones en la flota pesquera nacional y para el desarrollo de políticas de ordenamiento pesquero más efectivas y sostenibles.

Como resultado de esta propuesta, el 24 de junio de 2024, la SAG emitió un dictamen favorable a través de la nota DGPA-503-2024 dando paso a la autorización a través de la modalidad de pesca de investigación de langosta espinosa utilizando embarcaciones artesanales avanzadas, las cuales contaron con la presencia de observadores científicos a bordo para la recopilación de datos morfométricos, de captura, de áreas de pesca y de esfuerzo pesquero determinantes para evaluar el stock. Esta decisión marca el inicio de una nueva fase en el proceso de ordenamiento pesquero en Honduras, buscando un equilibrio entre las necesidades económicas de los pescadores, las necesidades de información y de ordenación para la instauración de medidas dirigidas a la sostenibilidad del recurso pesquero acatando el cumplimiento de las regulaciones pesqueras vigentes.

Finalmente, la interacción entre las flotas industriales (nasas y SCUBA) y las artesanales avanzadas ha ejercido una presión pesquera constante sobre el recurso langosta durante las últimas cuatro décadas. En este contexto, Honduras está realizando esfuerzos para obtener información sobre el estado actual de la población de langosta, con el fin de implementar de manera efectiva medidas de manejo y conservación que faciliten el desarrollo económico de los pescadores, alineadas con los principios de pesca sostenible.



III. Objetivos

3.1. Objetivo general

Evaluar el estado del recurso y las características biológico-pesqueras de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Caribe hondureño durante la temporada 2024-2025, mediante el análisis integral de los patrones de captura, parámetros reproductivos y evaluación de stock, con el fin de establecer bases científicas para su manejo sostenible.

3.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el desempeño operativo de la flota artesanal avanzada mediante el análisis de la dinámica de capturas, participación de embarcaciones y distribución espaciotemporal del esfuerzo pesquero en las aguas jurisdiccionales del Caribe hondureño.
2. Determinar los patrones de productividad pesquera a través del cálculo de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), identificando las variaciones estacionales y las áreas de mayor rendimiento en los bancos pesqueros del Caribe de Honduras.
3. Analizar las características biológicas evaluando la distribución de tallas (longitud abdominal y cefalotorácica), proporción sexual y dimorfismo entre machos y hembras en muestras obtenidas tanto a bordo de embarcaciones como en plantas procesadoras.
4. Evaluar los parámetros reproductivos clave incluyendo la proporción sexual, actividad reproductiva de hembras (ovígeras, presencia de espermateca) y patrones de muda, con especial énfasis en su variación temporal y espacial.
5. Estimar los parámetros poblacionales fundamentales mediante el modelo LIME, incluyendo mortalidad por pesca (F), potencial reproductivo (SPR), biomasa del stock reproductor (SB) y patrones de reclutamiento, para determinar el estado actual del recurso.



IV. Materiales y métodos

4.1. Área de estudio

La Zona Económica Exclusiva (ZEE) hondureña en el Caribe abarca aproximadamente 210,000 km², con una profundidad media de alrededor de 1,950 metros y una máxima que alcanza los 5,991 metros (Alegría, 2023). La costa caribeña de Honduras se extiende a lo largo de 920 km, con una plataforma continental que cubre una superficie de aproximadamente 68,718 km². El fondo marino en la región del Caribe centroamericano se caracteriza por la presencia del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), considerado la segunda barrera de coral más grande del mundo. En Honduras, destaca la amplia zona de los Cayos Miskitos, un área de gran relevancia ecológica y pesquera. En este contexto, las principales zonas de captura de langosta espinosa (*Panulirus argus*) por parte de las embarcaciones artesanales avanzadas se localizan en los bancos Rosa Linda, Thunder Knoll y Gorda, pertenecientes a la Zona de Pesca Industrial I. Además, se incluyen áreas dentro de la zona de Pesca Artesanal (Zona 1, 2, 3 y 4), como los Cayos Miskitos, el Arrecife Alargado, Cayos Becerros y Media Luna. Cabe destacar que estas embarcaciones no operaron en la Zona de Pesca Industrial II, que comprende los bancos Rosario y Misteriosa. Estas zonas de pesca se ubican dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Honduras, la cual delimita las fronteras marítimas del país con Jamaica, las Islas Caimán, Belice y Nicaragua (Figura 3).

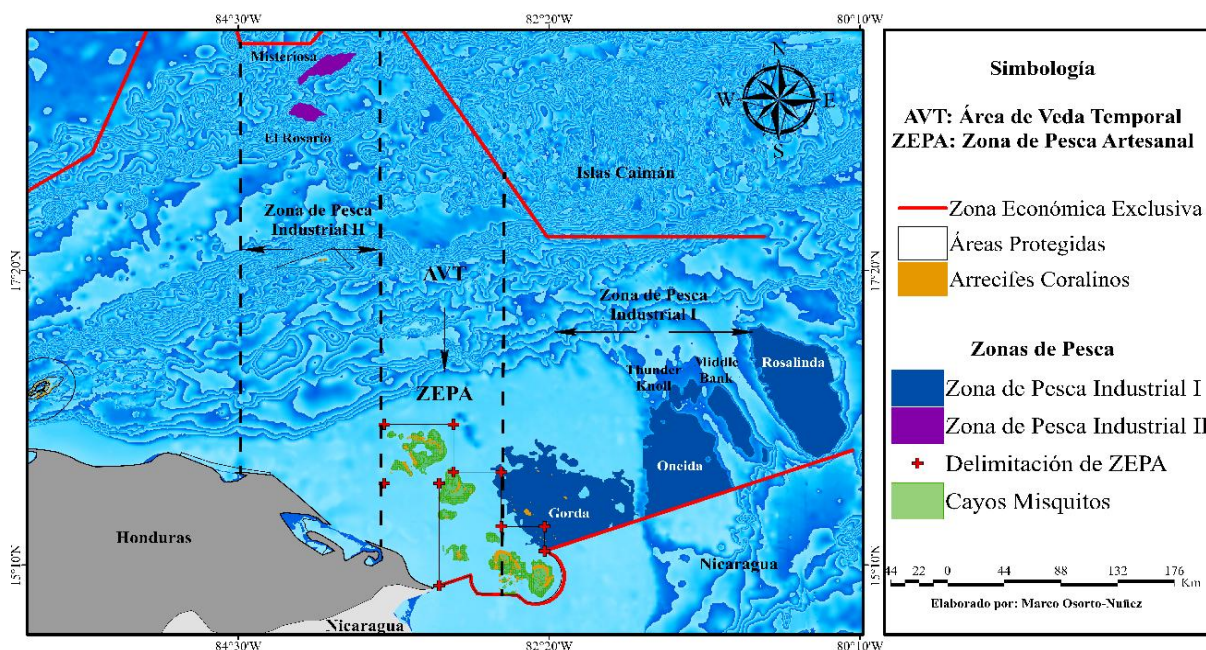


Figura 3. Delimitación de las áreas de pesca para la pesquería de la langosta espinosa *Panulirus argus* en el Caribe de Honduras en temporada 2024-2025.

4.2. Datos de la pesquería de langosta en embarcaciones artesanales avanzadas

Durante el período comprendido entre agosto de 2024 y febrero de 2025 (7 meses), diez embarcaciones artesanales avanzadas ejecutaron actividades de faena en los bancos pesqueros ubicados dentro de la Zona Económica Exclusiva de Honduras (Tabla 1). Estas operaciones se concentraron en áreas con mayor accesibilidad y abundancia de recursos, optimizando la eficiencia de las capturas. En los sitios de pesca (Figura 4), participaron, en promedio, entre 12 a 43 tripulantes, conforme a lo establecido en el Certificado Nacional de Dotación Mínima de



Seguridad para Buques Pesqueros. Los buzos, contratados directamente por cada embarcación, fueron reclutados principalmente en la región de La Moskita, departamento de Gracias a Dios.

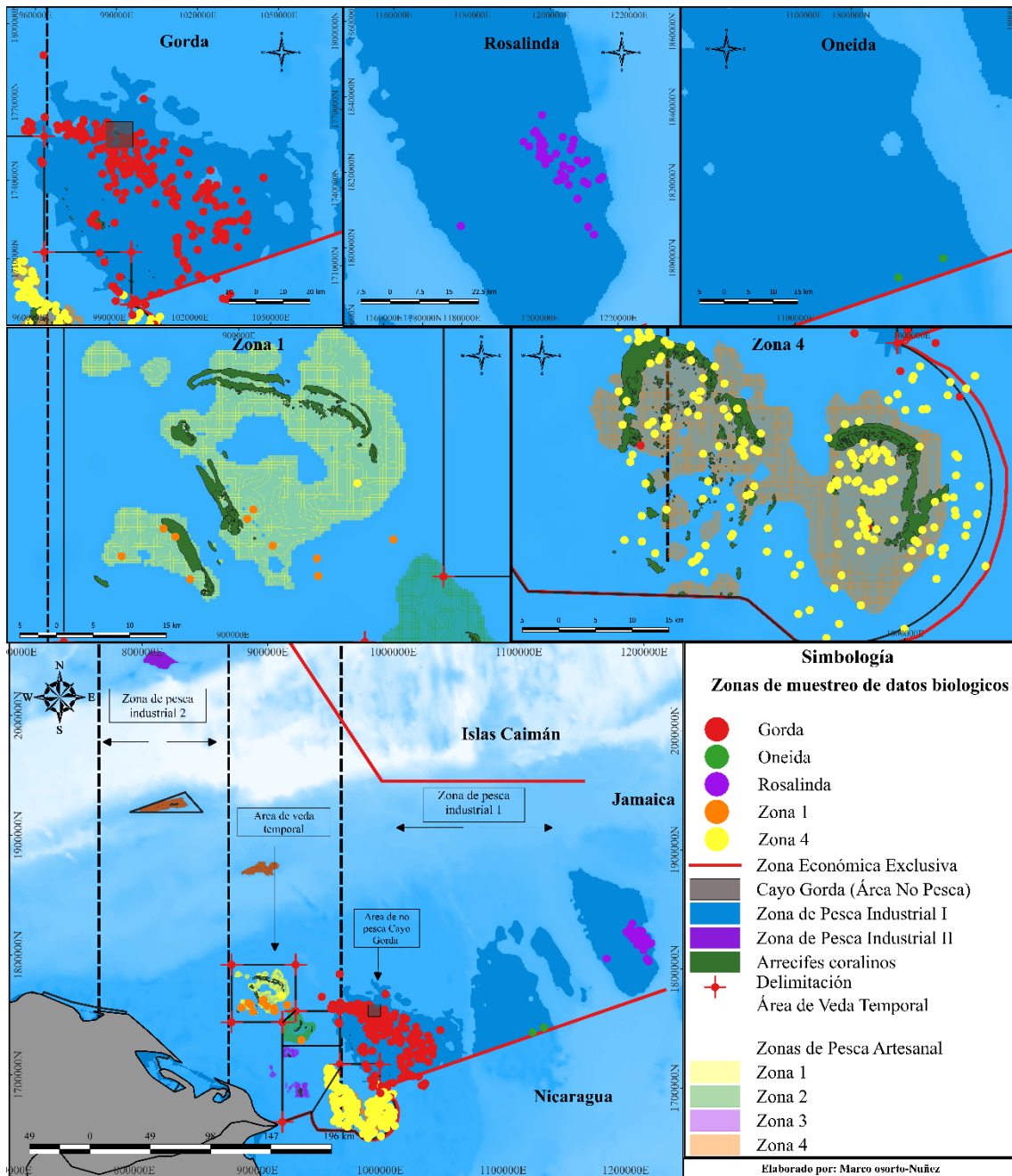


Figura 4. Zonas de donde se obtuvieron las muestras de individuos completos de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.

Cada embarcación contó con la supervisión de un observador técnico-científico, designado por la Dirección General de Pesca y Acuicultura (DIGEPESCA). La función principal de estos observadores fue realizar labores de monitoreo científico, recopilación y registro sistemático de las actividades pesqueras. Esto incluyó la documentación diaria de datos operativos, el registro de capturas y el esfuerzo pesquero desplegado. A través de bitácoras pesqueras estandarizadas, los observadores registraron información detallada, como: coordenadas geográficas de las zonas de pesca, número de buzos participantes, datos de desembarques, esfuerzo pesquero, ubicación del banco pesquero, tipo de estrato, volumen total de capturas por



día (en libras), total diario de capturas y profundidad de las operaciones. Estas bitácoras, junto con los registros de datos pesqueros en plantas de procesamiento, fueron adaptadas de las utilizadas en el Proyecto Piloto “Manejo Subregional de las Pesquerías de Langosta Espinosa del Caribe (*Panulirus argus*)” (MARPLESCA), asegurando la consistencia y comparabilidad de la información recopilada (OSPESCA, 2018).

Tabla 1. Listado de embarcaciones artesanales avanzadas que forman parte del Proyecto Científico Langosta Espinosa (*Panulirus argus*) en el Caribe de Honduras, temporada 2024-2025.

Embarcación	Registro	Numero de tripulantes máximo	Arqueo bruto (tonelaje)	Tonelaje neto
Miss April	S-1808542	30	15	5
Mr. Dotly	V-1808838	37	9.3	9.3
Cap. Billy	G-1808600	18	16	5
Perla del Cielo	S-1808885	28	16.42	5
Capt Dimar	U-1808884	23	17	5.1
J&W	S-1808870	12	15	4.5
Ocean				10
Dancer	U-1808620	37	13	
Blue Seas	U-0188862	20	13	4
Eben-Ezer	S-1808631	12	24.1	7.2
Queen lobster	S-1808937	27	12.5	
Big Daddy	S-0308623	43	29.1	8.7

4.3. Estructura poblacional

La determinación del sexo de langosta espinosa se realizó observando la parte inferior de su abdomen (esta es la "cola" que normalmente se extrae en la pesquería). Las hembras tienen dos pares de pleópodos, o apéndices natatorios, por segmento abdominal, y los pleópodos tienen una apariencia plumosa (Figura 5). Los machos tienen un solo par de pleópodos por segmento abdominal, los cuales no tienen apariencia plumosa, y también presentan una cola ligeramente más delgada en comparación con una hembra de tamaño similar.

Partiendo del supuesto teórico de una proporción sexual equilibrada (1:1) en la población de estudio, independientemente de su estrategia de apareamiento (Emlen, 1977; Wenner, 1972), se estableció la proporción de machos como referencia para derivar la proporción correspondiente de hembras. Para evaluar estadísticamente la hipótesis nula de independencia entre la proporción sexual y el tiempo (meses), se realizó un análisis de chi-cuadrado (χ^2) sobre las proporciones observadas en los muestreos mensuales.

Durante cada muestreo, se registraron los siguientes datos biométricos de los ejemplares: la longitud total (LT), considerada desde la base de las antenas hasta la parte distal del telson; la longitud abdominal (LA) medida desde la base del abdomen hasta la parte distal del telson y la longitud cefalotorácica (LC), medida desde la base de las espinas interorbitales hasta la parte posterior del cefalotórax (Fig. 6) (Posada & Faría-Romero, 2015). Se obtendrá también el peso



total, del cefalotórax y cola mediante una balanza digital con una capacidad de 2,000 g y una precisión de 5 gramos.



Figura 5. La diferencia entre una langosta hembra y macho puede observarse en su abdomen. Las hembras se identifican más fácilmente por los dos pares de pleópodos (o apéndices nadadores) por segmento abdominal, los cuales tienen apariencia plumosa. Los machos presentan un solo par de pleópodos por segmento abdominal y estos no tienen aspecto plumoso.

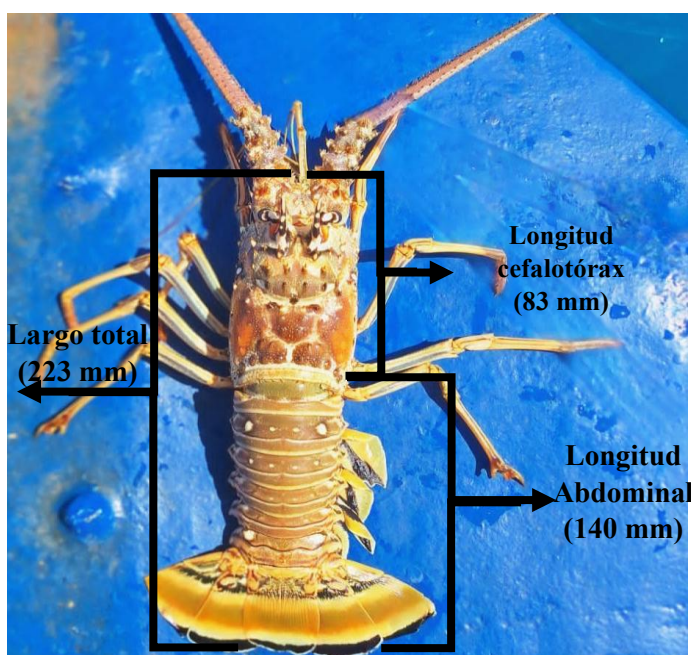


Figura 6. Características morfométricas registradas de la langosta espinosa *Panulirus argus* para el Proyecto Científico de langosta espinosa en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras para la Temporada 2024-2025.



Con fines comparativos, se calcularon las distribuciones y frecuencias de la longitud abdominal (LA) y la longitud cefalotorácica (LC), este análisis se realizó separadamente para machos y hembras.

4.4. Estado reproductivo de las hembras

El análisis de la actividad reproductiva de las hembras de langosta se centró en la evaluación espaciotemporal de la frecuencia relativa de hembras ovígeras. Este atributo, altamente visible, es menos susceptible a errores de registro en comparación con otras categorías como la presencia de parche o la ramificación-decoración de setas, especialmente en las rigurosas condiciones de mar abierto (Figura 7).

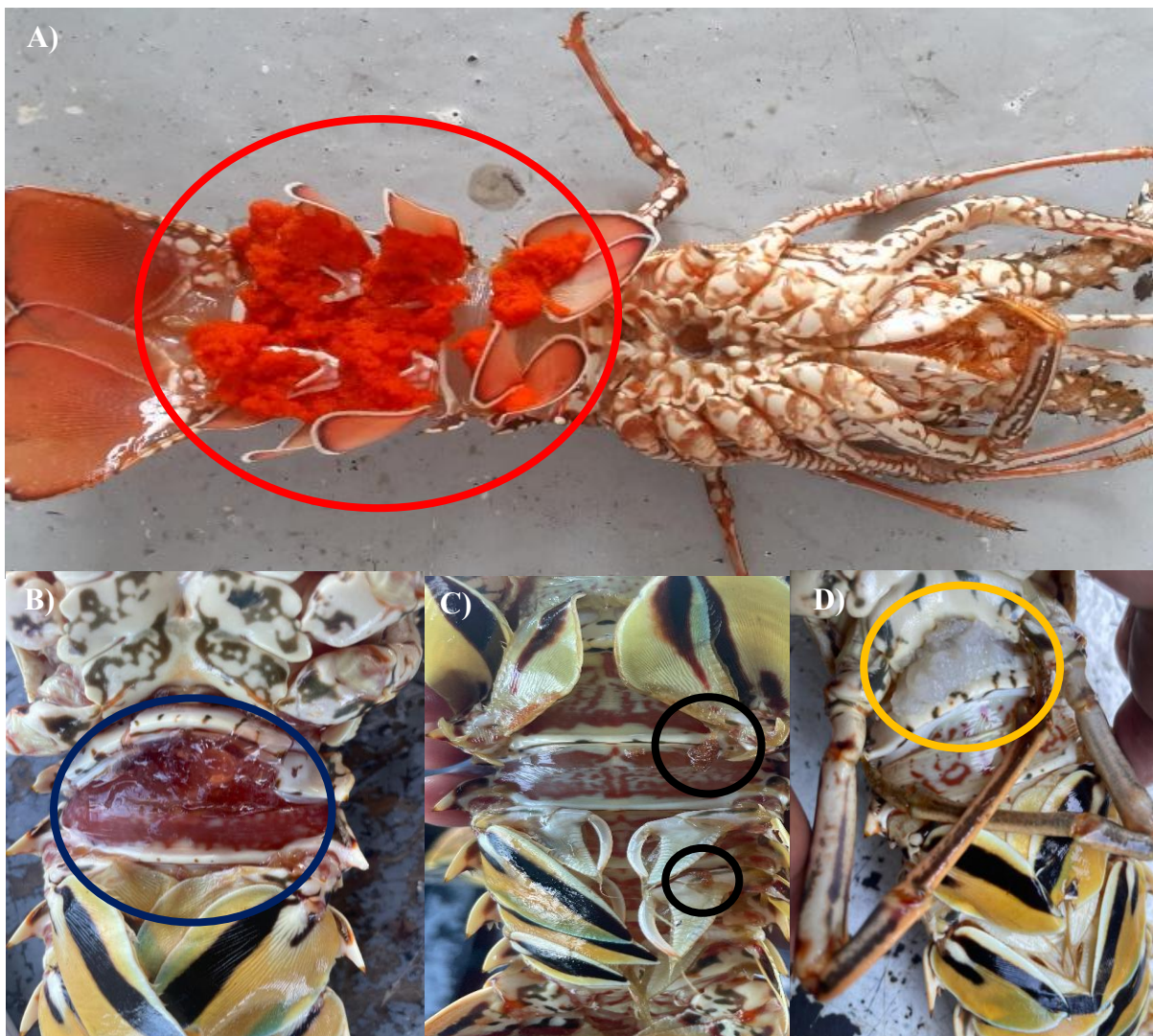


Figura 7. Langosta hembra con huevos de color naranja bajo la cola (círculo rojo), B. Langosta con la masa espermatófora o espermateca (Círculo azul), C. Langosta hembra con restos de huevos de color marrón (círculo negro) y D. Langosta hembra con el espermatóforo color gris erosionado (círculo naranja) ubicado bajo su abdomen.

Estados reproductivos:



Durante la colecta de los datos se podrán encontrar ejemplares hembras en diferentes estados reproductivos, por lo que en la bitácora se debe consignar en la celda correspondiente.

CE: con la masa espermatófora o espermateca (Figura 7) (Cruz, 2002; Dávila et al., 2007).

CRE: con restos de la espermatofora o espermateca

CRE+OV: con restos de espermateca más ovigera

4.5. Proporción de muda

Durante los muestreos, se registraron individuos de langosta en estado de muda, caracterizados por presentar un exoesqueleto blando y limpio. Se determinó la distribución de tallas de los ejemplares recién mudados para cada sexo, con el objetivo de evaluar una posible correlación temporal entre los periodos de muda y los ciclos reproductivos. Adicionalmente, se analizó la independencia entre la frecuencia de muda y el sexo de los organismos a lo largo de los diferentes meses muestreados.

Se realizó un análisis de chi-cuadrado (χ^2) para evaluar las frecuencias de muda observadas según sexo en cada período mensual, utilizando una tabla de contingencia para organizar los datos. El criterio de rechazo para la hipótesis nula (H_0) se estableció cuando el valor calculado de χ^2 superaba o igualaba el valor crítico tabulado correspondiente a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (Daniel, 1992), según los valores de referencia de la distribución χ^2 .

4.6. Capturas Por Unidad de Esfuerzo

Se realizó la cuantificación del volumen total de capturas por embarcación y por viaje pesquero correspondiente a la flota de embarcaciones artesanales avanzadas durante el período comprendido de 7 meses entre para la temporada 2024-2025. Este análisis se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el esfuerzo pesquero asociado a la pesquería de *Panulirus argus* (langosta espinosa del Caribe). Para determinar el esfuerzo pesquero, se empleó una metodología estandarizada basada en la siguiente ecuación:

$$CPUE = \frac{U_{captura}}{N_{buzos}}$$

Donde:

$U_{captura}$ representa la captura de langosta por buzo, medida en libras (lb),

N_{buzos} representa el número de buzos que salieron a faenar en el día.

4.7. Muestreo biométrico

Se realizó la medición sistemática de peso y longitud en una muestra representativa correspondiente al 10% de los desembarques de langosta de cola de langosta (*Panulirus argus*), en las plantas de procesamiento de productos pesqueros y acuícolas autorizadas. Este procedimiento se llevó a cabo con el objetivo de obtener datos biométricos precisos que permitieran evaluar la estructura poblacional de la especie, así como monitorear las tendencias en el tamaño y peso de los individuos capturados. Para garantizar la representatividad de la



muestra, se implementó un protocolo de muestreo aleatorio, considerando factores como la temporada de pesca y la zona de captura.

4.8. Modelo LIME para evaluación del recurso

Para la evaluación del recurso langosta espinosa (*Panulirus argus*), se empleó el modelo LIME, un enfoque de dinámica poblacional estructurado por edades. Este modelo destaca por su capacidad de considerar la mortalidad por pesca variable y el reclutamiento utilizando únicamente datos de longitud, así como por su habilidad para integrar múltiples años y tipos de datos, mejorando así las estimaciones de los cambios en la mortalidad por pesca a lo largo del tiempo. LIME requiere como insumos mínimos la composición por longitudes de la captura de un año, junto con información sobre el ciclo de vida, incluyendo la relación longitud-edad, la tasa de mortalidad natural asumida y la longitud al 50% de madurez. Las entradas específicas para LIME, según Rudd (2019), comprenden parámetros como M , k , L_{∞} , t_0 , $CV L_{\infty}$, L_{50} , L_{95} , h , y los coeficientes a y b de la relación longitud-peso.

LIME se distingue por estimar las tasas anuales de mortalidad por pesca, las longitudes de selectividad del arte de pesca, y el parámetro Dirichlet-multinomial θ como efectos fijos. El modelo relaciona linealmente el tamaño efectivo de la muestra de datos de longitud con el tamaño de la muestra de entrada, utilizando una fórmula específica (Thorson et al., 2017). Una característica distintiva de LIME es su tratamiento de los reclutamientos anuales como efectos aleatorios, estimando la media y desviación estándar de su distribución como efectos fijos. Además, LIME no depende de datos de captura, permitiendo estimar el reclutamiento en relación con los niveles promedio de una población no pescada cuando no se dispone de información sobre la escala poblacional. Sin embargo, también evalúa el recurso cuando hay datos de captura y abundancia.

La elección de LIME para este estudio se fundamenta en su capacidad para considerar la variabilidad del reclutamiento y evaluar el estado poblacional a partir de muestras de longitudes anuales, junto con información adicional disponible. Estudios con datos simulados han demostrado la eficacia de LIME en la estimación del estado pesquero, especialmente para especies de vida corta, siempre que se cuente con información precisa sobre los parámetros de crecimiento y varios años de datos de longitud (Pons et al., 2020). Pons et al. (2020) han evidenciado que LIME es un método robusto y menos sesgado en comparación con modelos basados en capturas, particularmente al trabajar con especies de vida corta y media.

LIME complementa eficazmente otros métodos basados en longitudes (Gedamke & Hoenig, 2006; Hordyk et al., 2015; Nadon et al., 2015) y en capturas (Carruthers et al., 2014; Rosenberg et al., 2014) destacando en la estimación de la variabilidad del reclutamiento. Esta capacidad permite discernir si la disminución de la longitud media se debe a la presión pesquera o a la variabilidad del reclutamiento, facilitando la comprensión de los posibles niveles de reclutamiento futuros.

4.8.1. Datos para el modelo

Se procedió a la recopilación de datos de composición por tallas y sexo de *Panulirus argus* (langosta espinosa del Caribe) en Honduras durante la temporada 2024-2025, abarcando un período de siete meses de muestreo.

El análisis de la dinámica poblacional de *P. argus* en la pesquería artesanal avanzada del Mar Caribe hondureño se fundamentó en los parámetros biológico-pesqueros (L_{∞} , K año⁻¹ y t_0)



establecidos por Barnutty (2001). Se empleo una tasa de mortalidad natural $M = 0.35 \text{ año}^{-1}$, valor congruente con el rango utilizado en evaluaciones de pesquerías similares en la región caribeña, según lo documentado en los talleres internacionales de evaluación de *P. argus* organizados por la FAO (FAO, 2001).

Para la conversión de datos de talla a edad, se aplicó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, utilizando los parámetros reportados para Nicaragua: $L_{\infty} = 276 \text{ mm}$ (longitud de cola), $K = 0.24 \text{ año}^{-1}$, y $t_0 = 0.44 \text{ años}$ (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros biológicos de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) para la evaluación del estado del recurso provenientes de embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.

Variable	Valor	Referencia
L_{∞} (L cola mm)	276 mm	Barnutty (2001)
$K \text{ año}^{-1}$	0.24	Barnutty (2001)
t_0	0.44	Barnutty (2001)
$M \text{ año}^{-1}$	0.35	Talleres expertos FAO
Lwa (Relación peso-longitud)	0.000000043393	Barnutty (2001)
Lwb (intercepto a pendiente b)	3.065	Castaño (1998)
Talla de primera madurez	140 mm	Acuerdo langosta (2024)

Los análisis estadísticos y las representaciones gráficas fueron ejecutados mediante el software R Core Team (versión 2024.09.0+735), mientras que la cartografía digital se desarrolló utilizando el sistema de información geográfica Quantum GIS (versión 3.32 Lima).



V. Resultados

5.1. Capturas de la flota artesanal avanzada

Durante la temporada de pesca 2024-2025 de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) mediante embarcaciones artesanales avanzadas, se documentó la operación de 10 embarcaciones pesqueras dentro de las aguas jurisdiccionales del Caribe hondureño. El análisis de la participación de la flota reveló una tendencia decreciente en la actividad pesquera a lo largo de los viajes realizados. En el primer viaje, se registró una participación del 83% de las embarcaciones (n = 10), mientras que, para el sexto viaje, únicamente el 16% (n = 2) completó sus operaciones de faena. Cabe destacar que no se llevó a cabo un séptimo viaje durante el período de estudio. La captura total acumulada por la flota artesanal avanzada alcanzó las 51,539.51 libras de cola de langosta, lo que representa un indicador cuantitativo del esfuerzo pesquero y la productividad del recurso durante la temporada evaluada (Tabla 3).

Tabla 3. Capturas por viaje de cola de langosta por la flota artesanal avanzada de la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) para la temporada 2024-2025. V: Viaje.

Embarcación	Código	V1	V2	V3	V4	V5	V6	Total
Miss April	S-1808542	1,655.50	1,171	795.7	643.7			4,265.50
Mr. Dotly	V-1808838	1,855.50	1,604.50	0	392.3			3,852.30
Miss Cherry	S-1808835							0.00
Cap. Billy	G-1808600	2,009.20	629.6	771.9				3,410.70
Perla del Cielo	S-1808885	1,745.50	2,056.00	1616.3	504	305	176.4	6,403.20
Capt Dimar	U-1808884	1,856.40	1,888.36	1342				5,086.76
J&W	S-1808870	1915	1,228					3,143.00
Ocean Dancer	U-1808620	3,046.20	918.6	1554.5	619.1	475.15		6,613.55
Blue Seas	U-0188862	1,100.80	805.9	361.4				2,268.10
Sky Walker	U-1808574							0.00
Eben-Ezer	S-1808631	2,176.90	1,448	607	770.15	910.25		5,912.30
Big Daddy	S-0308623	3,693.60	2,652.20	1299	1716.3	1220	3	10,584.10
Total		21,054.60	14,401.76	8,347.80	4,645.55	2,910.40	179.40	51,539.51

La estacionalidad de las capturas a lo largo de un ciclo anual o temporada de pesca se evidencia en la Figura 8, donde se presentan las tendencias de los desembarques, bajo el supuesto de que estos reflejan de manera precisa los volúmenes de exportación. Los datos indican que las mayores capturas mensuales se registraron en el mes de agosto y septiembre, período en el cual la mayoría de las embarcaciones operaron activamente en las zonas de pesca. Este pico en los desembarques puede atribuirse, en parte, a que agosto y septiembre corresponden a los meses posteriores al período de veda, lo que sugiere una recuperación temporal de las poblaciones de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y una mayor disponibilidad del recurso para la actividad pesquera.

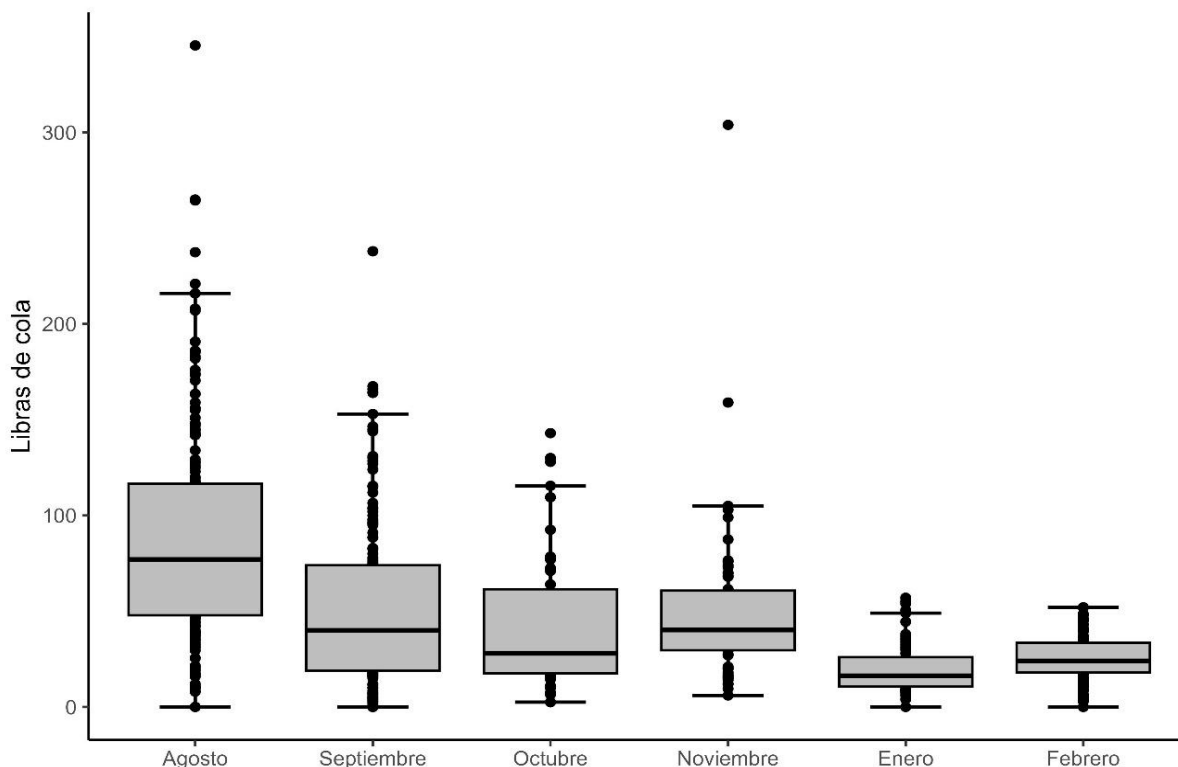


Figura 8. Comportamiento estacional de las capturas de langosta en embarcaciones artesanales avanzadas en Honduras, para la temporada de pesca 2024-2025.

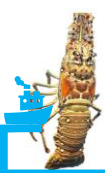
5.2. Capturas por Unidad de esfuerzo

El análisis de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) expresada en libras de cola por buzo por día efectivo de pesca, evidenció un índice general de 3.75 libras de cola de langosta por buzo por día. Los valores más altos de CPUE se registraron durante el mes de agosto, alcanzando 7.06 libras de cola de langosta por buzo por día, mientras que los valores más bajos se observaron en enero, con 1.56 libras de cola de langosta por buzo por día (Tabla 4).

Tabla 4. Capturas por Unidad de Esfuerzo para la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en embarcaciones artesanales avanzadas en la temporada 2024-2025.

Meses	\bar{x} CPUE	Tamaño de muestra
Agosto	7.06	7
Septiembre	5.58	8
Octubre	3.018	5
Noviembre	3.22	4
Enero	1.56	3
Febrero	2.08	6

Asimismo, se calcularon las CPUE, como captura de langosta en libras de cola por día efectivo de pesca (Figura 9). Cada dato corresponde a la captura individual registrada por una embarcación en un día de operación. Los resultados muestran de manera consistente que el mes de agosto presentó los valores más elevados de CPUE, mientras que enero registró los valores



más bajos, mostrando una variabilidad estacional en la disponibilidad del recurso y en la eficiencia de la actividad pesquera.

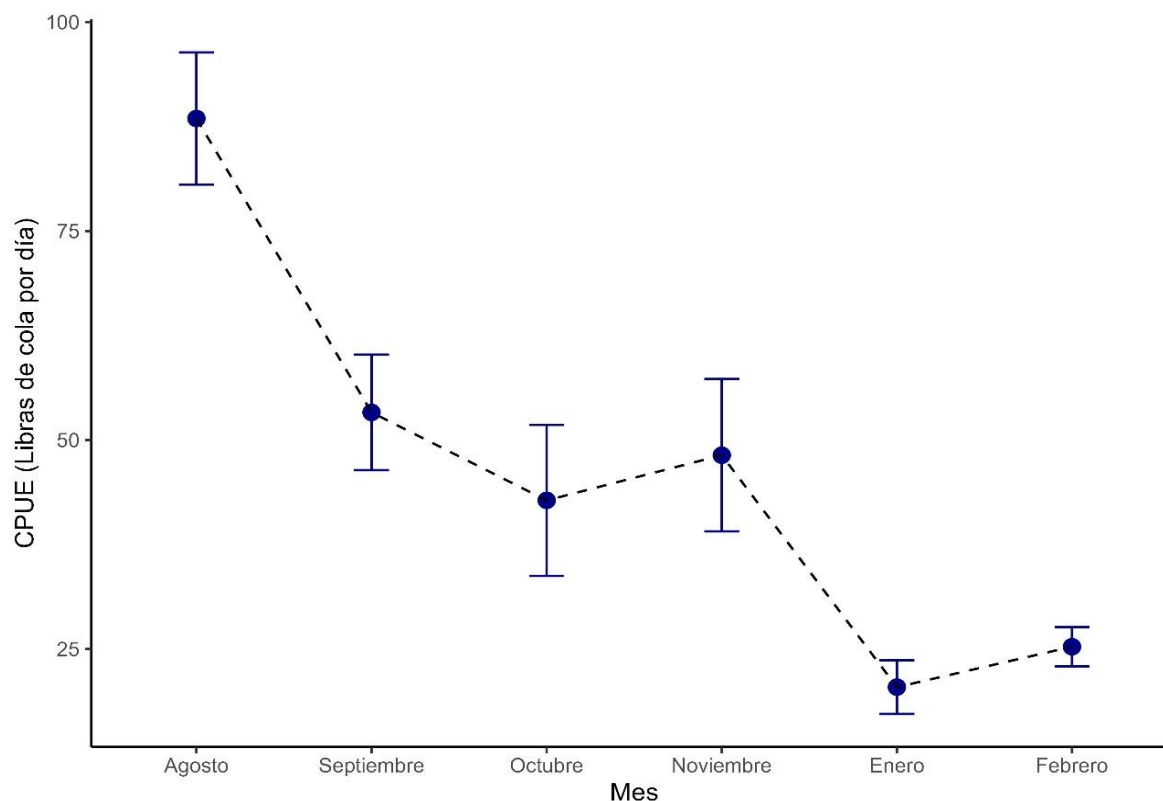


Figura 9. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) expresada en libras de cola de langosta por día efectivo de pesca durante la temporada 2024-2025. Los datos representan capturas individuales por embarcación, registradas durante un día efectivo de pesca, según los registros de observadores científicos a bordo.

La distribución espacial de las Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE), expresadas en libras de cola de langosta (*Panulirus argus*) por buzo por día durante el período 2024-2025 (Figura 10), permitió identificar zonas de alta productividad. En términos generales, el Banco Gorda y la Zona 4 de Pesca Artesanal destacaron como las áreas con mayor abundancia relativa, frecuencia de visitas y valores de CPUE.

En primer lugar, se analizaron las CPUE en las Zonas de Pesca Industrial I, donde se identificaron tres áreas principales: los bancos Gorda, Oneida y Rosalinda. Los bancos Gorda y Rosalinda fueron las zonas más frecuentadas por las embarcaciones. El Banco Gorda registró las CPUE más elevadas, con valores de hasta 25.5 libras/buzo/día. Asimismo, se observó una actividad pesquera recurrente en la zona de Cayo Gorda, mientras que en el sector este del Banco Rosalinda se registraron las CPUE más bajas, con valores de hasta 5 libras/buzo/día (Figura x).

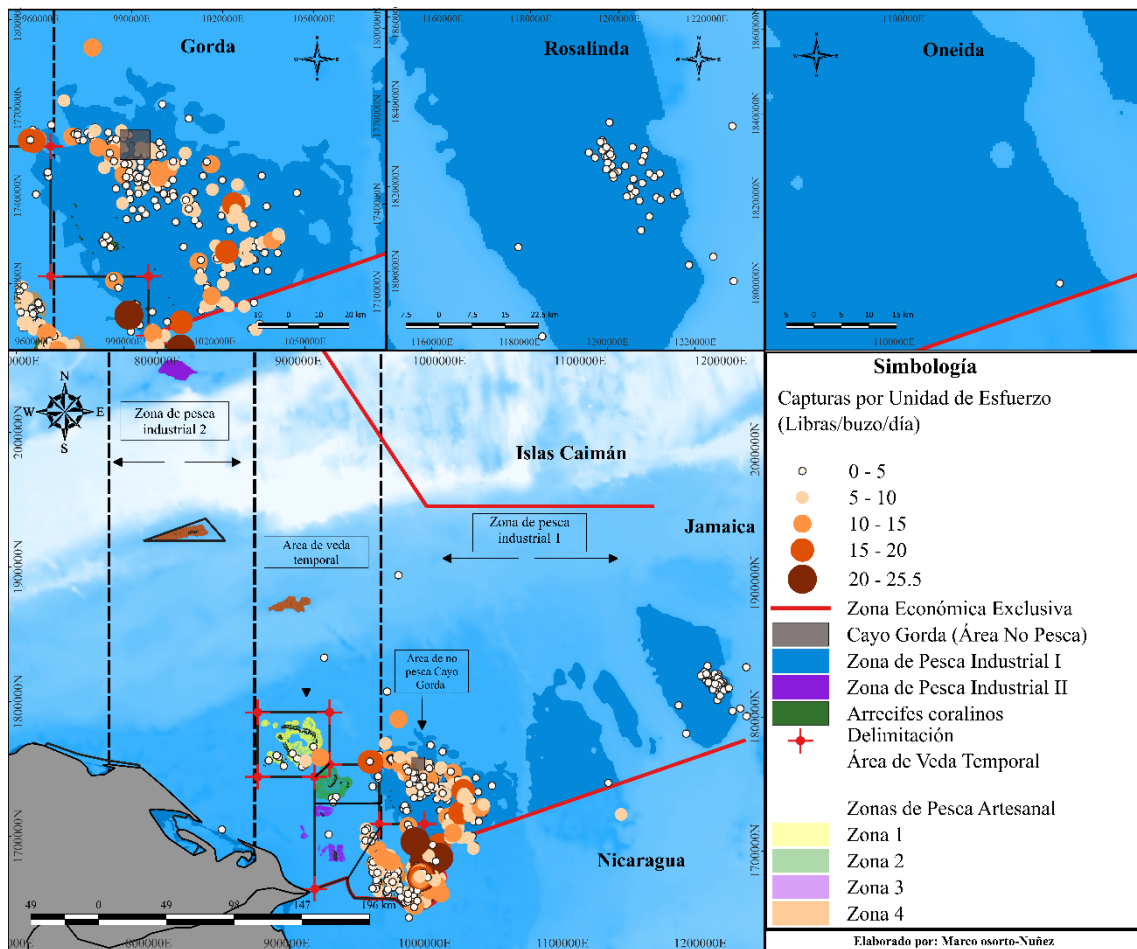


Figura 10. Distribución espacial de las Capturas Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) por día efectivo de pesca de la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en la Zona de Pesca Industrial I en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.

En segundo lugar, se evaluaron las CPUE en las Zonas de Pesca Artesanal, identificándose dos áreas con las mayores capturas: la Zona 1 y la Zona 4. La Zona 1 presentó CPUE de hasta 12 libras/buzo/día, mientras que la Zona 4, que fue la más visitada por las embarcaciones, registró los valores más altos de CPUE, alcanzando hasta 25.4 libras/buzo/día (Figura 11).

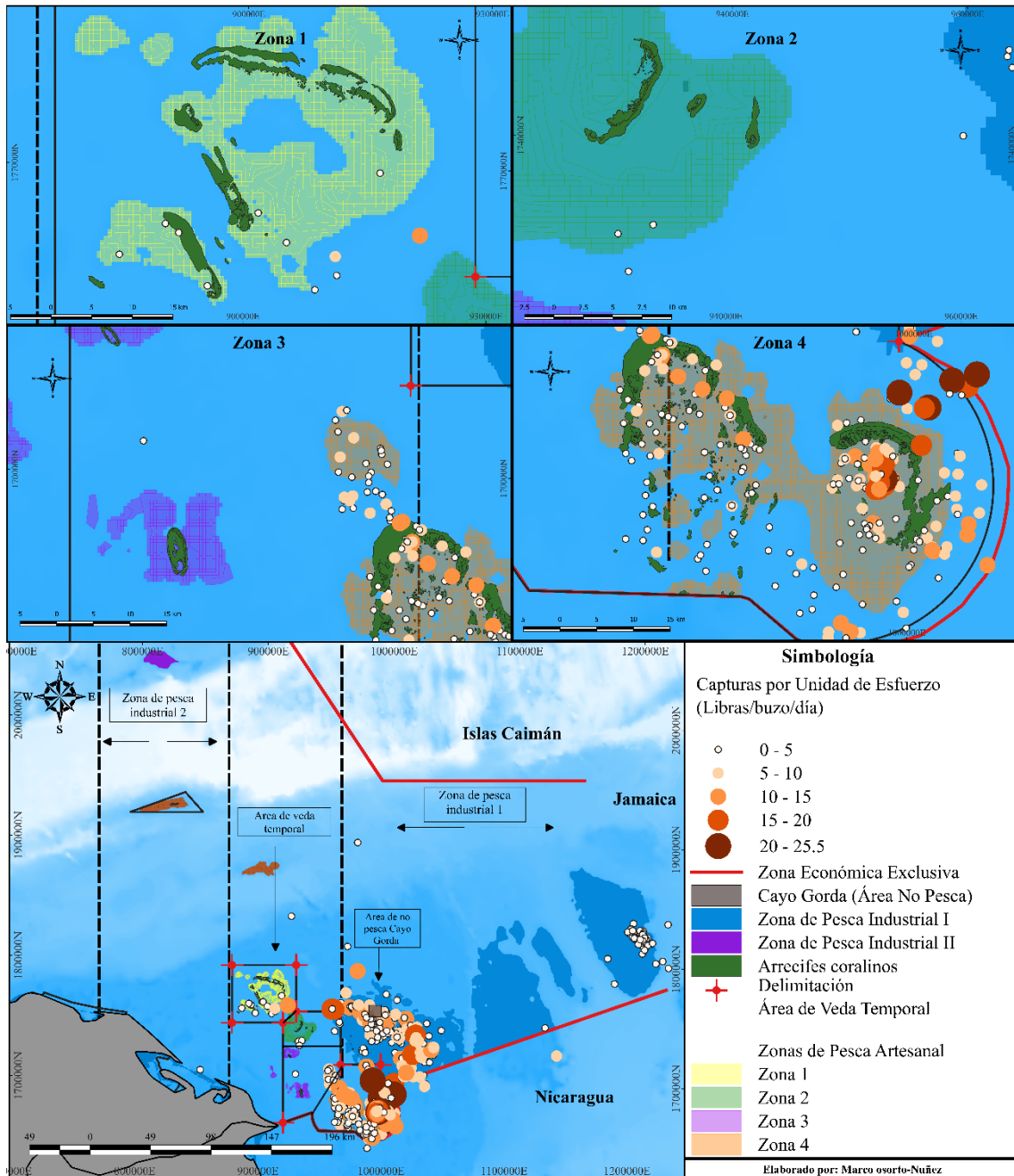


Figura 11. Distribución espacial de las Capturas Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) por día efectivo de pesca de la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en la Zona de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras para la temporada 2024-2025.

Asimismo, un hallazgo relevante del estudio fue que todas las embarcaciones participantes realizaron capturas en la Zona de Pesca Industrial I. Inicialmente, la embarcación *Eben-Ezer* no operó en esta zona debido a limitaciones relacionadas con su tamaño y capacidad operativa. Sin embargo, posteriormente se realizó un cambio a una embarcación de mayor capacidad, denominada *Queen Lobster*, la cual sí operó en la Zona de Pesca Industrial I. Este ajuste permitió incrementar la cobertura espacial de la flota y optimizar el esfuerzo pesquero en áreas de alta productividad (Figura 12).

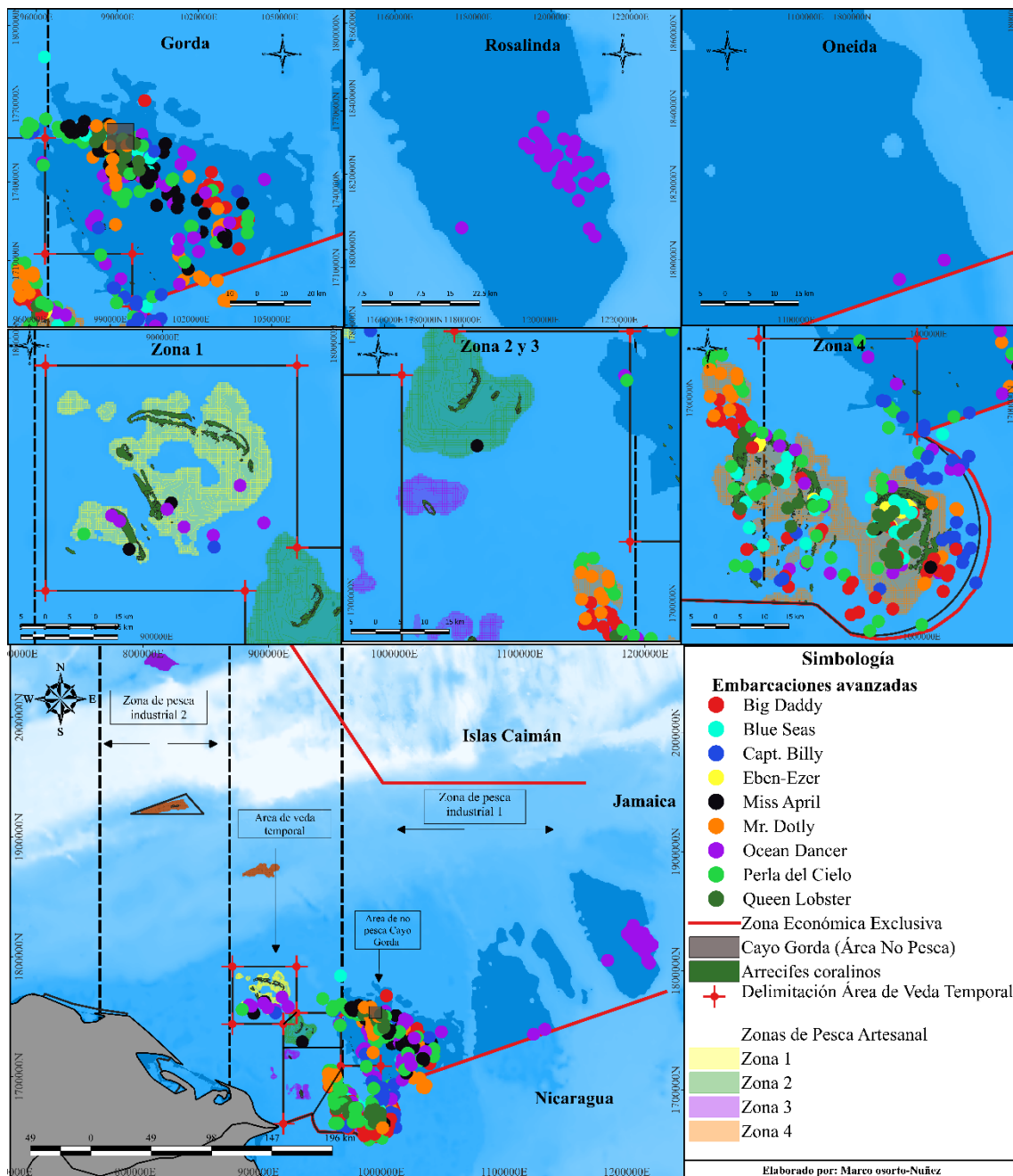


Figura 12. Distribución espacial de las embarcaciones avanzadas que y las zonas donde realizaron capturas en la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) para la temporada 2024-2025.

5.3. Estructura de tallas (muestreo a bordo de embarcaciones)

La distribución de frecuencias por intervalos de talla, tanto en longitud abdominal (LA) como en longitud de cefalotórax (LC), mostró un patrón similar entre sexos, con una media global de 165 mm para ambas medidas (Figura 13).

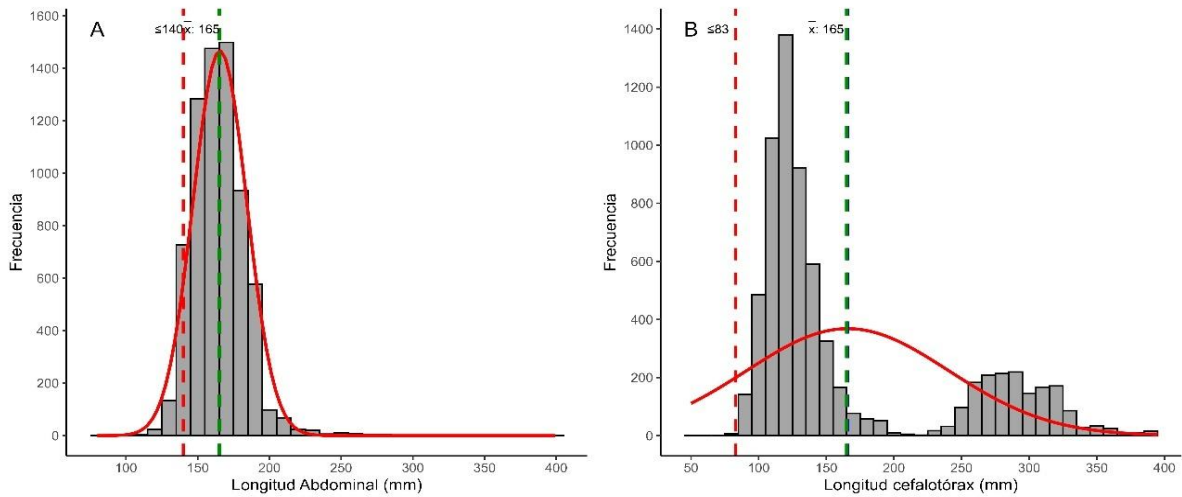


Figura 13. Distribución de frecuencia de tallas (longitud abdominal y cefalotorácica, en mm) de *Panulirus argus* obtenidas de muestreos en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

Los machos presentaron una LA promedio de 163 mm, mientras que las hembras alcanzaron 167 mm. Los rangos de talla para LA incluyeron organismos entre 110–330 mm y 110–399 mm, respectivamente (Figura 14). En el caso de LC, la distribución de frecuencias fue ligeramente mayor en machos que en hembras. La media global de LC fue de 165 mm, con un promedio de 166 mm en machos (rango: 83–395 mm) y 165 mm en hembras (rango: 84–391 mm) (Figura 15). Estos resultados indican un dimorfismo sexual mínimo en la estructura de tallas, aunque los machos mostraron una distribución algo más amplia en LC.

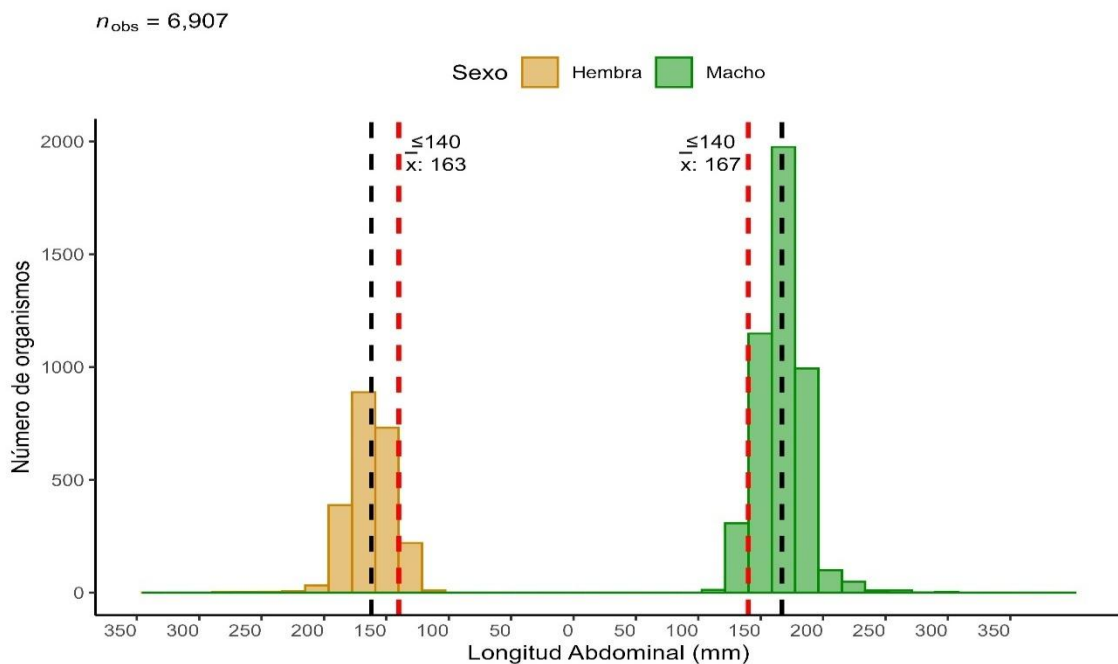




Figura 15. Distribución de frecuencia de tallas (longitud abdominal en mm) por categorías sexuales en *Panulirus argus* obtenidas de muestreos en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

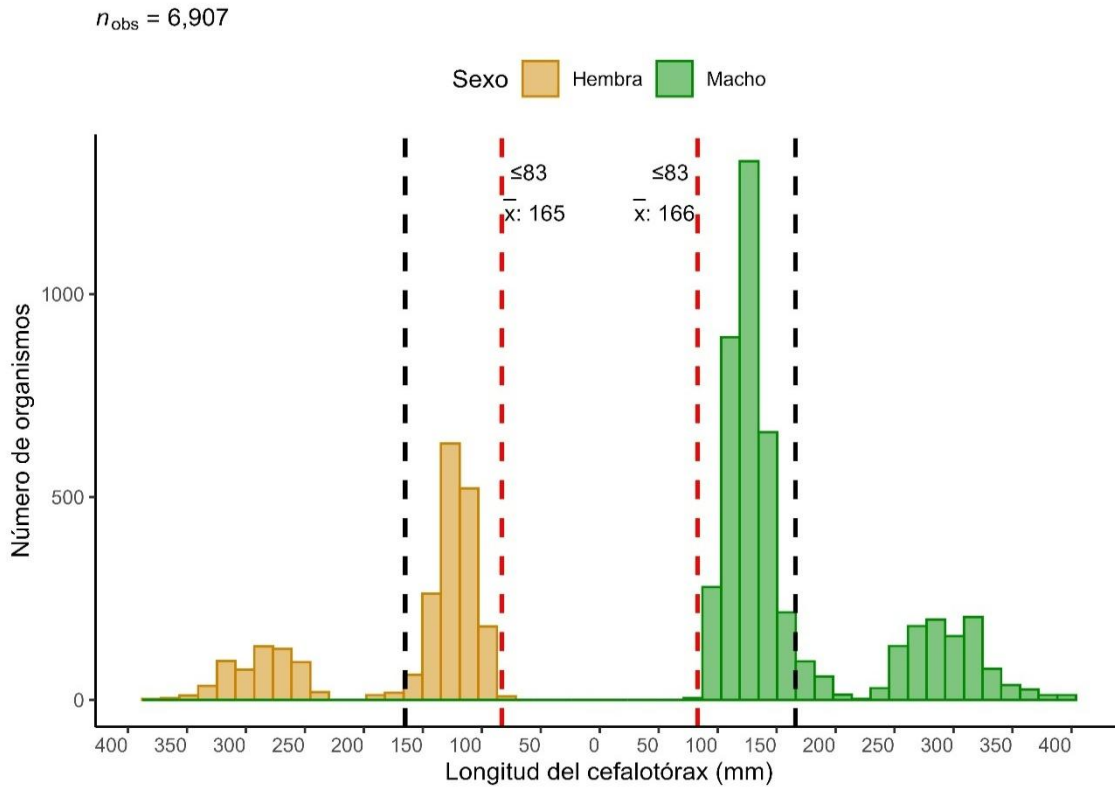


Figura 14. Distribución de frecuencia de tallas (longitud cefalotórax en mm) por categorías sexuales en *Panulirus argus* obtenidas de muestreos en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

5.4. Muestreo morfométrico en plantas de procesamiento

El análisis de frecuencia de tallas, realizado en muestras procedentes de plantas procesadoras ($n = 4,092$), reveló una longitud promedio de 190.10 mm (mediana = 190 mm; representada por la línea verde en la Figura 16), superando significativamente la talla mínima reglamentaria de 140 mm. Los individuos muestreados presentaron un rango de longitud abdominal (LA) entre 128–330 mm, lo que indica una amplia variabilidad en la distribución de tallas.

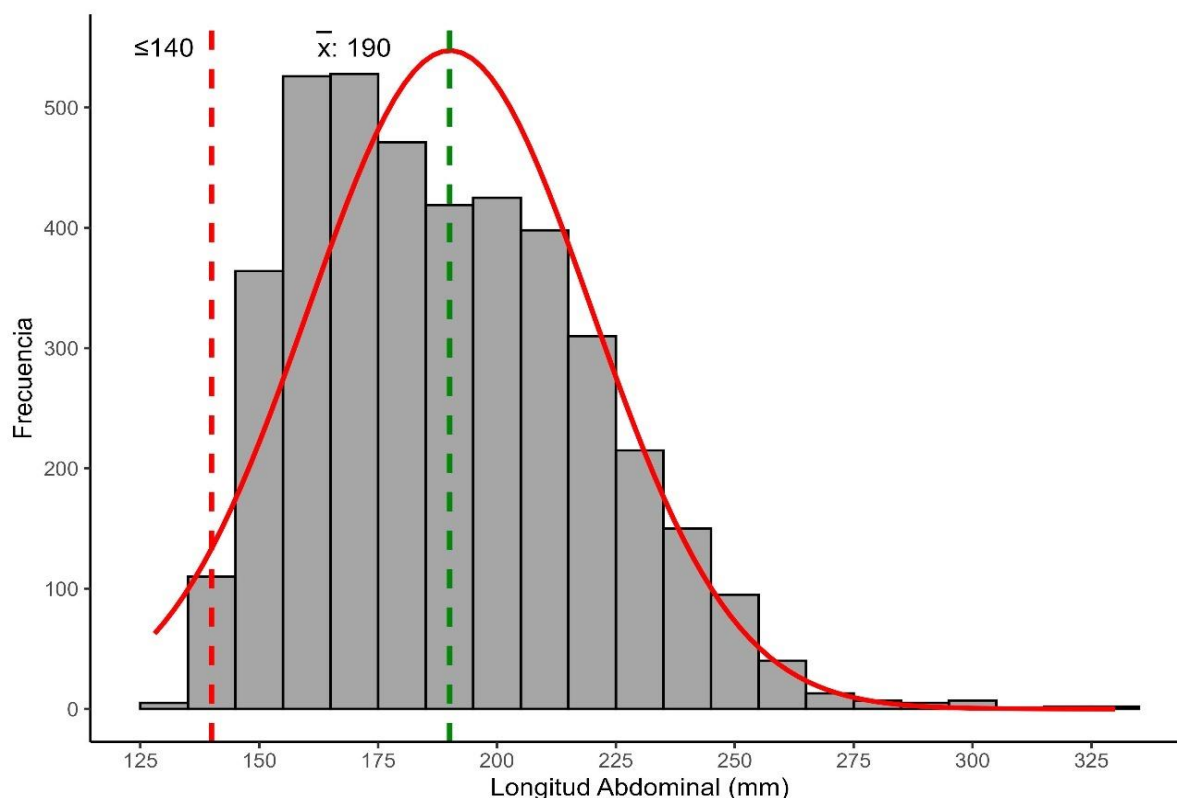


Figura 16. Distribución de frecuencia de tallas (longitud abdominal en mm) de *Panulirus argus* provenientes de muestreos de plantas de procesamientos en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

5.5. Características biológicas

El análisis de la proporción de sexos en *Panulirus argus* durante la temporada de pesca 2024-2025 reveló un desequilibrio significativo en la distribución sexual de 2:1, dos machos por cada hembra, evidenciado mediante la aplicación de la Prueba de Bondad de Ajuste de Chi-cuadrado. Los resultados estadísticos ($\chi^2 = 799.92$, $n = 6,945$, $p < 0.001$) proporcionaron evidencia robusta para rechazar la hipótesis nula (Figura 17). La caracterización cuantitativa de la muestra identificó una distribución sesgada hacia los machos, con 2,294 ejemplares hembras (33.03% de la población total) y 4,651 ejemplares machos (66.97%), una variación que resultó estadísticamente significativa. Este patrón demográfico, con predominancia de machos, se mantuvo de manera consistente en los distintos bancos pesqueros evaluados.

El análisis detallado de la proporción sexual en *P. argus* mostró variaciones significativas entre los diferentes bancos pesqueros. En la Zona de Pesca Industrial I, específicamente en el Banco Gorda, se registró una proporción sexual de 1.86 machos por cada hembra ($n = 3,411$; 1,191 hembras, 2,220 machos). En el Banco Oneida, la proporción fue de 2.14 machos por hembra ($n = 22$; 7 hembras, 15 machos), mientras que en el Banco Rosalinda se observó una mayor predominancia de machos, con una proporción de 2.99 machos por hembra ($n = 463$; 116 hembras, 347 machos). En las Zonas de Pesca Artesanal, la Zona 1 presentó una proporción sexual de 3.31 machos por cada hembra ($n = 151$; 35 hembras, 116 machos), mientras que la Zona 4 mostró una proporción de 2.06 machos por hembra ($n = 2,898$; 945 hembras, 1,953 machos) (Figura 17).

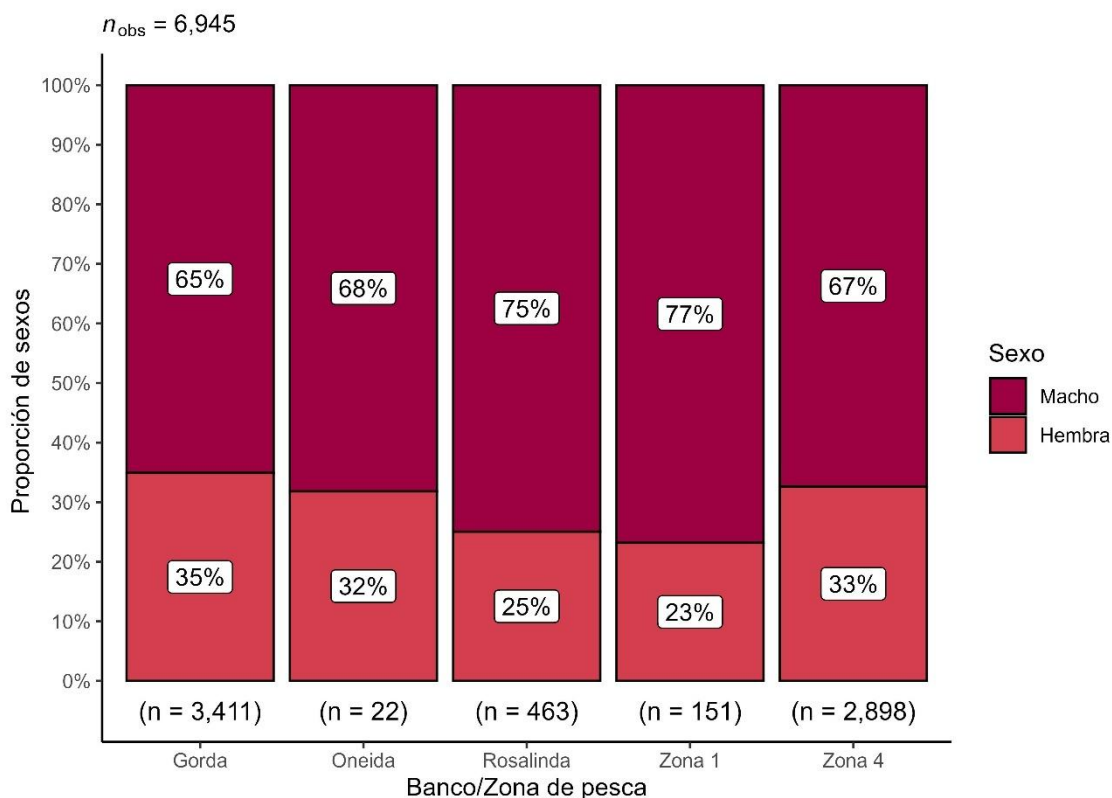


Figura 17. Proporción de sexo de 6,945 individuos muestreados de langosta espinosa *Panulirus argus* en la Zona de Pesca Industrial I y Zonas de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

El análisis de los estratos de *Panulirus argus* reveló una distribución heterogénea de los tipos de sustrato en los bancos pesqueros evaluados. La caracterización cuantitativa de 6,945 unidades muestrales permitió identificar cinco categorías principales de estratos, con una marcada predominancia de zonas de composición mixta ($n = 3,555$; 38.82%) y rocosa ($n = 2,578$; 37.12%). Los sustratos arrecifales constituyeron la tercera categoría más frecuente ($n = 736$; 10.60%), seguidos por áreas arenosas ($n = 710$; 10.22%) y, finalmente, pastos marinos/algas ($n = 223$; 3.24%) (Figura 18).

La distribución espacial de estos estratos evidenció variaciones significativas entre los diferentes bancos pesqueros. La Zona 4 del Área de Pesca Artesanal destacó como el único ecosistema que presentó la totalidad de las categorías de sustrato identificadas, seguida por el Banco Gorda, que exhibió una notable diversidad de hábitats, ambos con una alta predominancia de estratos rocosos y arrecifales. El análisis estadístico confirmó diferencias significativas en la distribución de estratos entre los bancos y zonas de pesca (χ^2 de Pearson (16) = 1398.82, $p = 2.92 \times 10^{-288}$, \hat{V} de Cramér = 0.22, IC_{95%} [0.21, 0.23], $n = 6,945$).

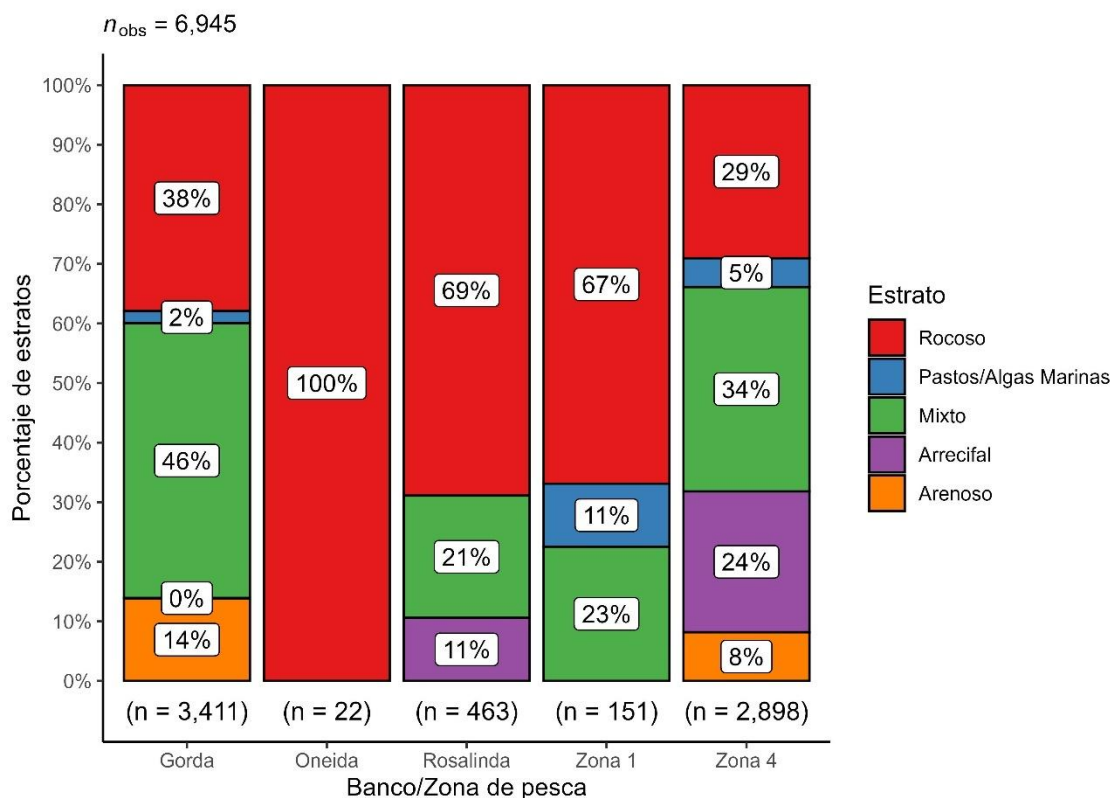


Figura 18. Distribución de los individuos de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en relación con los diferentes tipos de estratos en la Zona de Pesca Industrial I y Zonas de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

5.6. Actividad reproductiva de langosta hembras

Del total de hembras analizadas ($n = 2,294$), el 26% presentaron al menos un indicador de madurez reproductiva. La distribución de estos indicadores fue la siguiente: 11% de los ejemplares se encontraron ovígeros, 30% exhibieron placa espermateca, 50% mostraron restos de espermateca y 9% presentaron simultáneamente huevos y placa espermateca. La variación mensual de la actividad reproductiva de las hembras de *Panulirus argus* mostró un patrón decreciente, con los mayores registros de hembras en estado reproductivo entre agosto y octubre, seguido de una disminución progresiva que se mantuvo constante durante los meses de noviembre, enero y febrero. A lo largo de la temporada de pesca, desde agosto hasta noviembre, se observó una predominancia de valores relativamente bajos de hembras ovígeras. Sin embargo, en los meses de enero y febrero, cercanos al período de veda, no se detectó un incremento en este porcentaje, lo cual puede atribuirse a la menor proporción de hembras muestreadas en comparación con los machos durante estos meses.

De manera similar, esta tendencia se replicó en las hembras con espermateca (CE), con restos de espermateca (CRE) y con restos de espermateca más ovígeras, donde el pico de actividad reproductiva se registró entre agosto y septiembre, alcanzando su máximo en septiembre y disminuyendo gradualmente desde octubre hasta febrero (Figura 19).

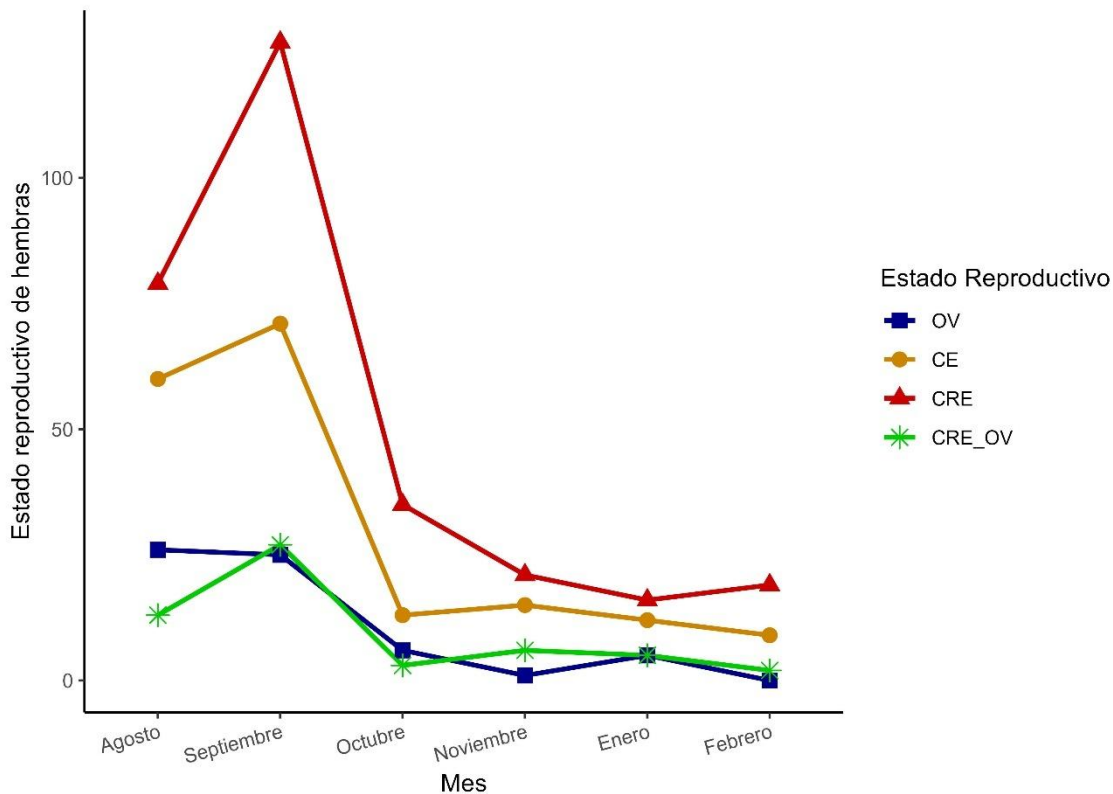


Figura 19. Variación mensual del del estado reproductivo de langostas hembras en los muestreos a bordo de barcos artesanales avanzados en la Zona de Pesca Industrial I y Zonas de Pesca Artesanal en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025. Estado Reproductivo: OV: Ovigera, CE: Con Espermateca, CRE: Con restos de espermateca, CRE_OV: Cons restos de espermateca más ovigera.

5.7. Proporción de mudas

El análisis del porcentaje mensual de machos y hembras recién mudados evidencio que, las hembras presentaron una mayor frecuencia de muda en comparación con los machos a lo largo del período de estudio. En las hembras, la tasa de muda mostró una fluctuación moderada, manteniéndose alrededor del 5% en la mayoría de los meses, con valores máximos del 11% y 7% registrados en agosto y septiembre, respectivamente. Cabe destacar que en noviembre no se registraron hembras en esta condición y en octubre no se observaron machos en proceso de muda, representando los valores mínimos absolutos para cada sexo. Por el contrario, los machos exhibieron una menor variabilidad intermensual en su porcentaje de muda. Los picos máximos coincidieron con los meses de agosto (4%) y septiembre (4%), mientras que las tasas más bajas se concentraron en octubre y noviembre (Figura x).

El análisis de los porcentajes mensuales de muda reveló patrones diferenciales entre sexos. Las hembras presentaron una mayor frecuencia de muda durante agosto (11%), mostrando una consistencia significativamente superior ($\chi^2 = 23.954$, $p < 0.001$) en comparación con los machos (4%). Este patrón se mantuvo en septiembre ($\chi^2 = 9.509$, $p = 0.002$), por lo que, para probar independencia entre las variables sexo y muda (mudó, no mudó) durante cada mes, permitió rechazar la hipótesis nula de independencia entre el sexo y la frecuencia de muda durante estos periodos (Fig. 20).

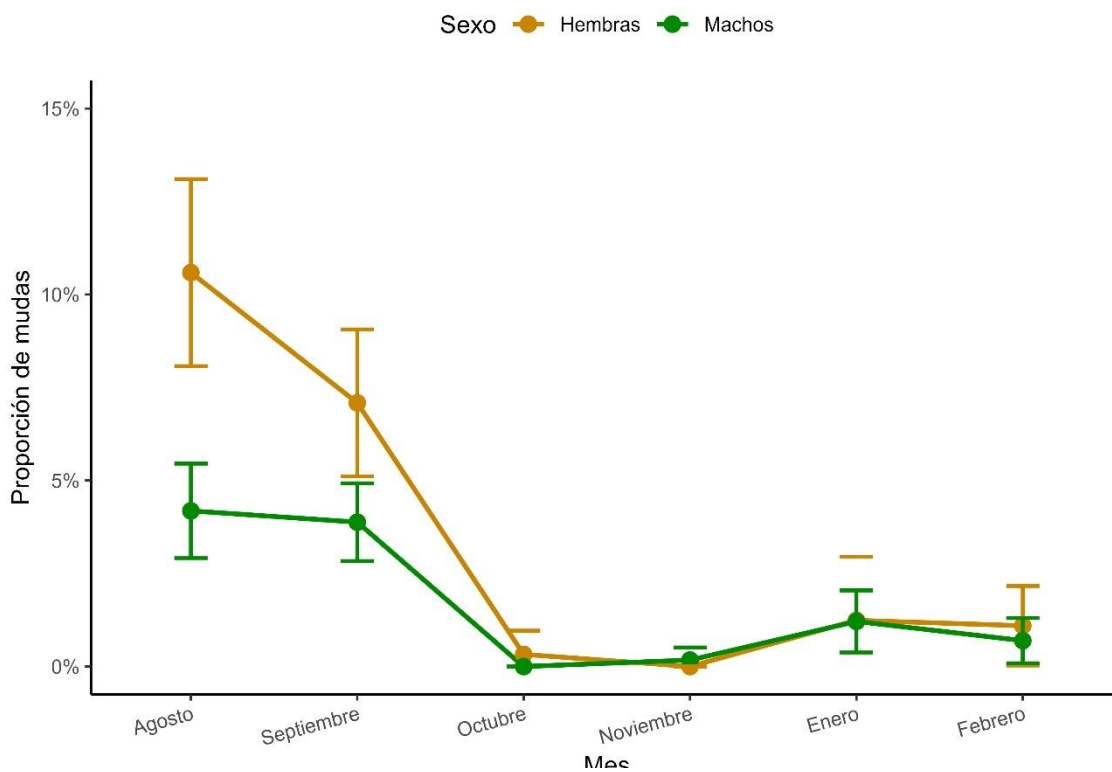


Figura 20. Porcentaje mensual de organismos (machos y hembras) con muda de *Panulirus argus*, con respecto al número mensual de hembras y machos y al número total de organismos por mes en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.



5.8. Evaluación de la pesquería mediante la aplicación del modelo LIME

5.8.1. Composición por tallas

La evaluación del stock de *Panulirus argus* en Honduras se basa en datos de frecuencia de tallas (longitud de cola, LC) recolectados en plantas procesadoras. Estos registros, agrupados en intervalos de 10 mm (Figura 21), permiten estimar la estructura poblacional explotada por la flota artesanal avanzada durante la temporada 2024-2025. La estandarización de los intervalos de clase garantiza la comparabilidad con evaluaciones previas.

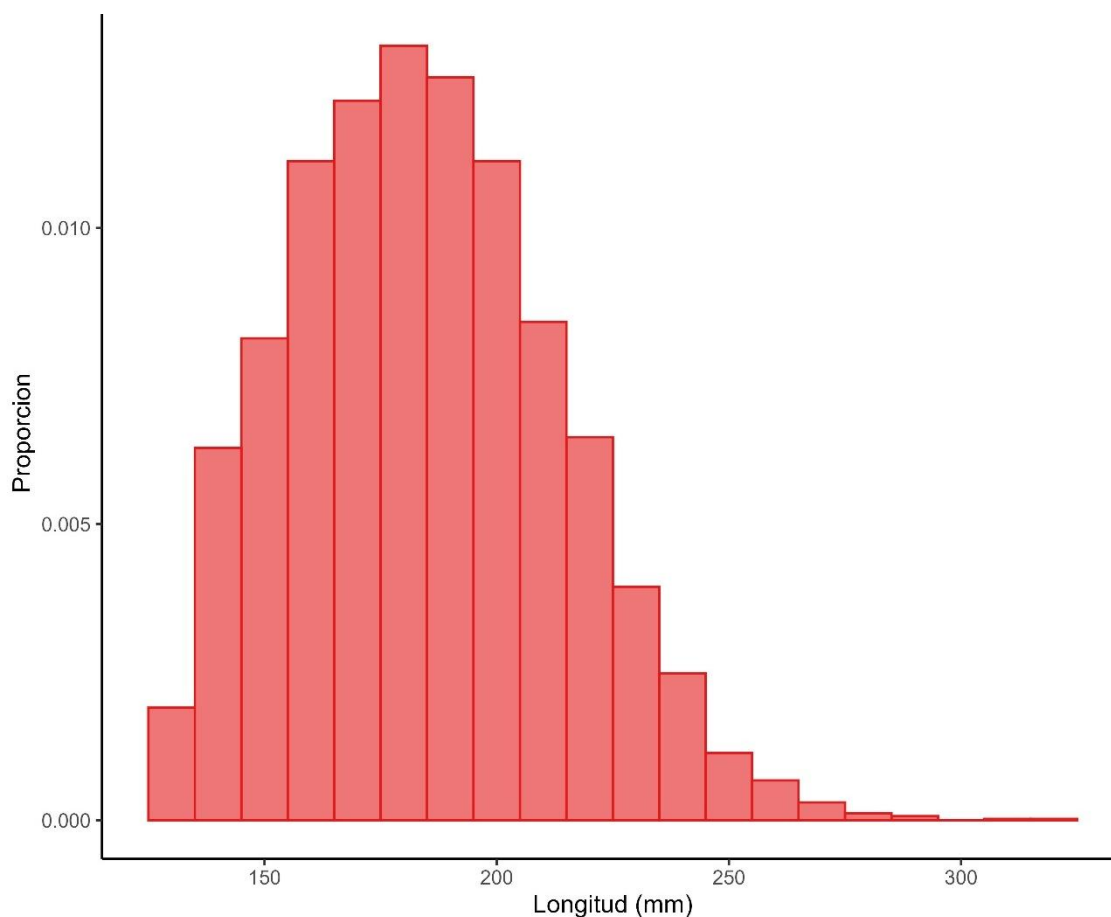


Figura 21. Distribución de tallas de langosta de *Panulirus argus* en mm longitud de cola, con intervalos de amplitud de clase 10 mm, provenientes de muestreos de plantas de procesamientos en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

5.8.2. Convergencia del modelo

La evaluación de la bondad de ajuste del modelo LIME (*Length-Based Integrated Mixed-Effects*) aplicado a la pesquería de langosta demuestra un cumplimiento satisfactorio de los criterios de convergencia establecidos en la literatura especializada (Rudd, 2019; Rudd & Thorson, 2018). El análisis visual de la Figura 22 revela una notable correspondencia entre las observaciones de la composición por tallas (longitud abdominal, LA) y las predicciones generadas por el modelo. Esta paridad se manifiesta en la superposición casi perfecta de las curvas que representan los datos observados y los valores modelados a lo largo de todo el espectro de tallas analizado (150–300 mm). La consistencia entre las predicciones teóricas y



los datos valida la robustez del modelo para caracterizar la estructura poblacional de la langosta en el área de estudio, lo que sugiere que los supuestos biológicos y pesqueros incorporados en el modelo refleja adecuadamente la dinámica real de la población explotada (Figura 22).

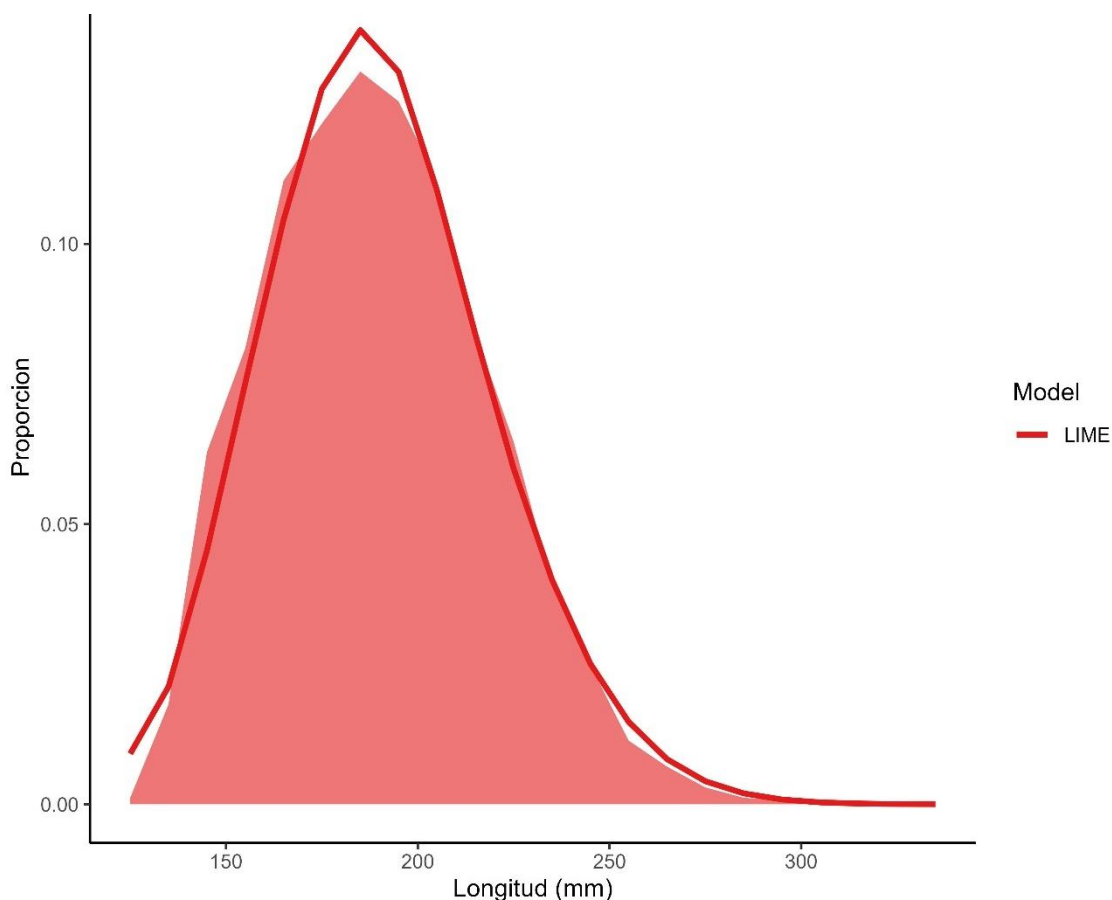


Figura 22. Comparación entre la composición por longitudes (área sombreada) en mm de longitud abdominal LA, respecto de las predicciones del modelo LIME (línea continua) ajustado a la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

5.8.3. Estimaciones de LIME de los parámetros clave de la población

Las estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad por pesca F , año-1, que se obtuvo del ajuste de modelo LIME seleccionado tuvo un rango de $F= 0.55$ en la temporada 2024-2025 (Figura. 23A). El reclutamiento estimado para la temporada fue de 352,648 individuos (edad 0), reflejando la alta variabilidad interanual característica de la especie (Tabla 5). Este valor, junto al SPR de 0.43, sugiere que el stock mantiene capacidad de reposición bajo el régimen actual de pesca. Lo anterior, indica que, bajo las condiciones actuales de explotación ($F = 0.556$), la población de langosta (*Panulirus argus*) está produciendo solo el 43% de los huevos que generaría en ausencia de pesca ($F = 0$).

**Tabla 5.** Resultados del ajuste del modelo LIME a datos de talla y capturas en la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en embarcaciones artesanales avanzadas en el Caribe de Honduras durante la temporada 2024-2025.

Parámetro del modelo LIME	Estimaciones
Mortalidad por pesca (F_t)	0.5556641
Reclutamiento en la temporada (edad 0) (R_t)	352,648.4
Proporción del Potencial Reproductivo (SPR_t)	0.4310378
Biomasa Total Poblacional (TB_t)	120,231.4
Biomasa del Stock Reproductor (SB_t)	89,763.69
Biomasa de Reproductores de Equilibrio (SB_0)	242,874.2
Selectividad (S_{95_f})	168.6982
Selectividad (S_{50_f})	167.3957
Reclutamiento de equilibrio estimación LIME (β)	12.96358
Variabilidad del Reclutamiento (\log_{σ_R})	-0.4828639
Variabilidad del Reclutamiento (σ_R)	0.6170138

La curva de selectividad presenta un patrón de captura altamente eficiente pero restrictivo, con un S_{50} de 167.4 mm y S_{95} de 168.7 mm, lo que representa una ventana de selección extremadamente estrecha (1.3 mm de diferencia) (Figura 23B, Tabla 5). Esta selectividad opera principalmente sobre individuos que apenas superan la talla de primera madurez ($M_{50} = 140$ mm), capturando selectivamente langostas en sus primeras fases reproductivas. La notable eficiencia de captura (95% de probabilidad de captura a solo 1.3 mm por encima del S_{50}) resulta en la retención de prácticamente todos los individuos que alcanzan los 168.7 mm, mientras que menos del 5% de la población supera esta talla. Este patrón explica en parte el SPR de 0.43 observado, ya que, aunque se protegen los juveniles (<140 mm), la casi total eliminación de individuos entre 167-170 mm limita significativamente la contribución de tallas mayores al stock reproductor (Figura 23C, Tabla 5). La selectividad actual, combinada con un crecimiento relativamente lento ($k=0.24$ año⁻¹), sugiere que pocos individuos logran alcanzar tallas >200 mm donde su fecundidad sería máxima.

El análisis mediante el modelo LIME reveló que la biomasa del stock reproductor actual de *Panulirus argus* se estimó en 89,763.69 unidades, lo que representa el 37% de la biomasa reproductora de equilibrio ($SB_0 = 242,874.2$) (Figura 23D, Tabla 5). Este resultado indica que, bajo las condiciones actuales de explotación ($F = 0.556$), la población retiene una capacidad reproductiva limitada pero dentro de márgenes manejables.

El modelo LIME estimó un parámetro de reclutamiento de equilibrio (β) de 12.96, el cual representa la productividad intrínseca del stock en condiciones no explotadas. Este valor, al ser escalado con los datos observados de abundancia, indica que la población presenta una capacidad moderada de regeneración bajo escenarios de equilibrio. Sin embargo, la combinación de este parámetro con la alta variabilidad estimada en el reclutamiento ($\sigma_R = 0.617$) sugiere que la población experimenta fluctuaciones naturales significativas en su



capacidad de reposición. Cabe destacar que este valor de β debe interpretarse en conjunto con la mortalidad por pesca actual ($F = 0.556$), ya que la presión pesquera reduce efectivamente el reclutamiento realizado a aproximadamente el 43% de su potencial máximo ($SPR = 0.43$). Mientras que $\beta = 12.96$ sugiere una población teóricamente saludable, la interacción con $F = 0.556$ revela que el stock está operando cerca de su límite sostenible, requiriendo medidas de manejo adaptativo para mantener su resiliencia a largo plazo.

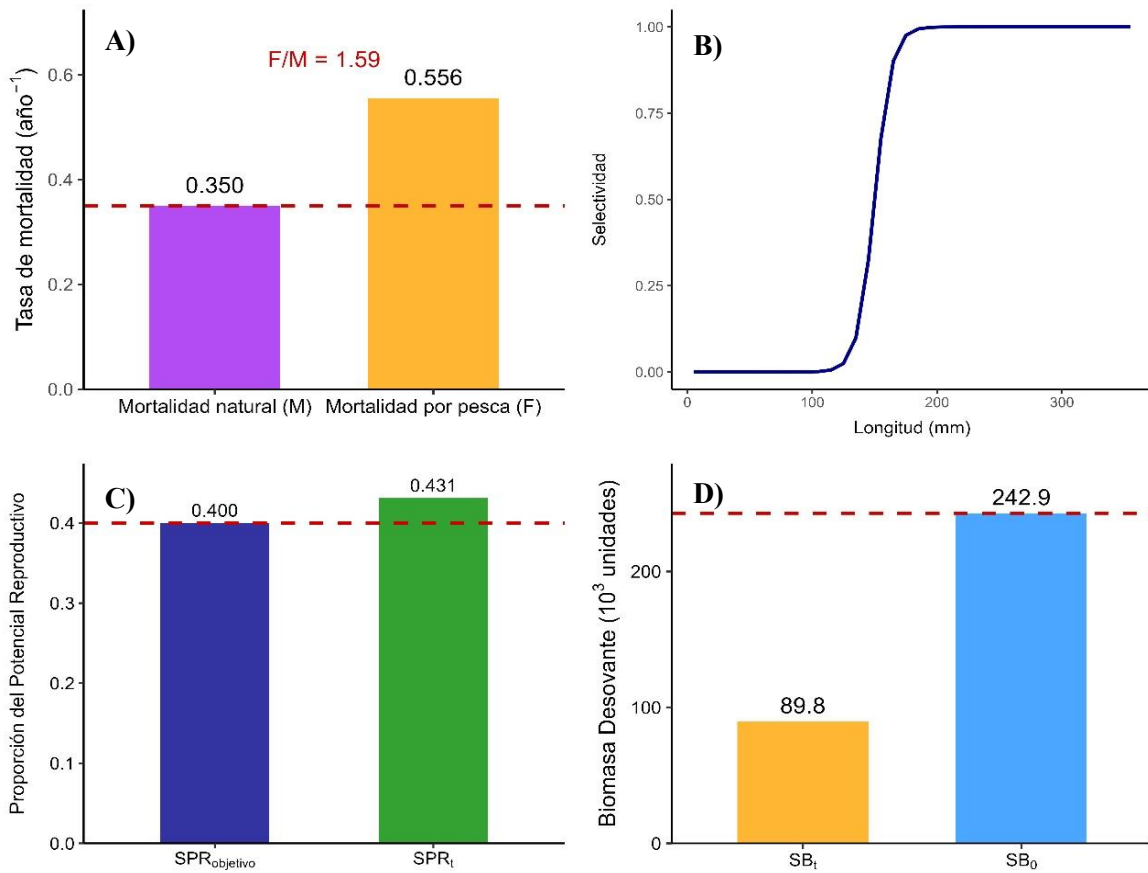


Figura 23. Estimaciones de LIME de los parámetros clave de la población. A). Tasa de mortalidad por pesca F (año^{-1}), la estimación para la temporada (barra naranja). B). Selectividad, curva logística con parámetros $S_{50} = 167.39$ y $S_{95} = 168.69$ mm longitud abdominal (LA). C). La Proporción del Potencial Reproductivo SPR (siglas en inglés). D). Estimaciones de la biomasa del stock reproductor de langosta, en miles de libras de cola. Todas las estimaciones son resultado del ajuste del modelo LIME a datos de composición por longitudes y capturas.



VI. Discusión

6.1. Capturas de la flota artesanal

La pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) constituye un recurso de elevada importancia socioeconómica en la región del Caribe, destacándose como una de las pesquerías más relevantes en Honduras desde la década de 1980. No obstante, la modalidad de pesca artesanal avanzada implementada en los últimos nueve años según reportes de los pescadores locales representa un cambio significativo en el esfuerzo pesquero, inicialmente dirigido hacia la explotación de pepino de mar. Esta transición tuvo como objetivo mitigar la presión sobre las poblaciones de pepino de mar, lo que refleja un intento de manejo adaptativo ante la sobreexplotación de recursos marinos. Sin embargo, al igual que en otras pesquerías del país, la dinámica de capturas de langosta ha estado sujeta a fluctuaciones significativas, influenciadas por factores logísticos, condiciones meteorológicas adversas e interrupciones operativas esporádicas. Estos eventos, a menudo recurrentes, generan discontinuidades en las faenas de pesca, lo que conlleva reducciones sustanciales en los volúmenes de captura proyectados.

En la temporada 2024-2025, la flota artesanal avanzada inició operaciones el 23 de julio de 2024 y concluyó el 28 de agosto de 2025. De las 12 embarcaciones inicialmente programadas, solo 10 participaron activamente en las faenas, mientras que dos (*Miss Cherry* y *Sky Walker*) no realizaron salidas debido a motivos de desperfectos mecánicos. Adicionalmente, se registró un cambio de embarcación (*Eben-Ezer* a *Queen Lobster*) atribuido a fallos mecánicos. Los resultados cuantitativos de la temporada revelaron una captura total de 51,539.51 libras de cola de langosta, destacándose la ausencia de un sistema de cuotas, lo que permite un esfuerzo pesquero ilimitado y potencialmente insostenible.

La estacionalidad de las capturas mostró un patrón de declinación progresiva a lo largo de la temporada. Agosto, mes en el que se realizó el primer viaje, registró los mayores volúmenes de captura, probablemente debido a la participación total de la flota y a una mayor abundancia inicial del recurso. Septiembre, correspondiente al segundo viaje, presentó el segundo mayor rendimiento, seguido de una disminución gradual en los meses subsiguientes, con los menores volúmenes registrados en enero y febrero. Este patrón coincide con observaciones previas reportadas por Sosa-Cordero (2010), quien documentó que, en los periodos 1990-1999 y 2000-2009, las máximas capturas mensuales ocurrían en los meses posteriores a la veda (agosto, septiembre y octubre). Este fenómeno sugiere una recuperación temporal de las poblaciones de *P. argus* tras el cese de la actividad pesquera, lo que incrementa la disponibilidad del recurso al reiniciarse las operaciones.

6.2. Capturas por Unidad de Esfuerzo

El análisis de la CPUE en la pesquería de langosta espinosa durante la temporada 2024-2025 reveló una distribución heterogénea, tanto temporal como espacial. La selección de zonas de pesca por parte de los capitanes de las embarcaciones se basó principalmente en criterios de abundancia del recurso, priorizando áreas con condiciones batimétricas y de distribución poblacional óptimas para la captura.

Los valores más altos de CPUE se registraron en agosto, con un promedio de 7.06 libras de cola de langosta por buzo por día, mientras que los más bajos se observaron en enero, con 1.56 libras por buzo por día. El patrón general mostró una mayor abundancia relativa en agosto y



septiembre, seguida de un descenso progresivo hasta febrero. Esta variación se asocia a la disponibilidad del recurso, influenciada por cambios espaciotemporales en las zonas de pesca, así como por la dinámica de la flota pesquera. Estos resultados coinciden con los reportados por Sosa-Cordero (2010), quien identificó una mayor abundancia de langosta entre agosto y diciembre en comparación con el período de enero a julio, atribuyéndolo a fluctuaciones en la plataforma de Honduras y Nicaragua.

En cuanto a la distribución espacial, el Banco Gorda y la Zona 4 de Pesca Artesanal destacaron como las áreas con mayor abundancia relativa, frecuencia de visitas y valores de CPUE. En la Zona de Pesca Industrial I, se identificaron tres áreas principales: los bancos Gorda, Oneida y Rosalinda, siendo Gorda y Rosalinda las más frecuentadas. El Banco Gorda registró las CPUE más altas, alcanzando hasta 25.5 libras por buzo por día.

Por otro lado, en las Zonas de Pesca Artesanal, las áreas con mayores capturas fueron la Zona 1 y la Zona 4, siendo esta última la que presentó los valores más altos de CPUE y mayor número de visitas. En general, el Banco Gorda y la Zona 4 fueron las zonas más productivas, lo cual se atribuye a su mayor abundancia de langostas. Estas áreas presentan características batimétricas favorables, como agregaciones de arrecifes en el Banco Gorda y formaciones de parches arrecifales en la zona 4 donde se encuentran los cayos Alargado y Media Luna (Chollett et al., 2016; Purkis, 2015), hábitats preferidos por la langosta espinosa (Behringer et al., 2010; Bertelsen et al., 2010; Briones-Fourzán et al., 2019; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez, 2013). Respecto a lo anterior, la identificación de áreas clave permite optimizar estrategias de manejo pesquero para garantizar la sostenibilidad del recurso.

6.3. Estructura de tallas

El análisis de la distribución de tallas reveló que la mayor parte de la población ($n=6,907$) se concentra en los intervalos de 120-180 mm LA y 80-140 mm de longitud cefalotorácica (LC) y en los muestreos en plantas intervalos de 128-200 mm LA, dominando notablemente los individuos adultos con tallas ≥ 140 mm LA (83 mm LC), correspondiente a la talla de madurez del 50% de la población (Lm50) en la región Caribe. Destaca que solo el 1.74% de la muestra (190 ejemplares) presentó tallas inferiores al límite legal mínimo de 140 mm LA, evidenciando un efectivo cumplimiento de las regulaciones pesqueras. No obstante, dichas tallas se encuentran sobreestimadas, dado a que las muestras provienen solo de la pesca comercial.

La estructura poblacional mostró una distribución unimodal en LA y bimodal en LC, con una talla promedio de 165 mm (Fig. 7). Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Sosa-Cordero et al. (2021), quienes documentaron un rango predominante de 80-110 mm LC en poblaciones adultas, con solo 84 ejemplares bajo la talla mínima legal, valores comparables a nuestros resultados. Estudios previos en la región (Aguilar & Gonzales, 1987; Padilla Ramos & Briones Fourzán, 1997) registraron modas de 140-150 mm y 170-190 mm LA respectivamente, corroborando la variabilidad geográfica en la estructura de tallas descrita por (Briones-Fourzán, & Lozano-Álvarez, 2007).

El análisis comparativo entre zonas evidenció diferencias significativas: las áreas con menor presión pesquera albergaron individuos de mayor talla, mientras que las zonas intensamente explotadas (Banco Gorda, Rosalinda, Zona 4) mostraron predominio de organismos más pequeños. Este patrón, documentado previamente por Briones-Fourzán, & Lozano-Álvarez (2007), enfatiza el papel de las áreas marinas protegidas como reservorios de diversidad



poblacional. No obstante, las variaciones en tallas medias podrían estar influenciadas por factores locales como profundidad de captura, regímenes pesqueros y características batimétricas, en línea con lo propuesto por Csirke (1993), quien advierte que la explotación intensiva modifica la estructura de edades, reduce las tallas medias y disminuye la proporción de individuos longevos, afectando potencialmente la capacidad reproductiva de las poblaciones.

6.4. Características Biológicas

Los resultados de la proporción sexual de *Panulirus argus* durante la temporada 2024-2025 evidenciaron un marcado dimorfismo en la proporción sexual, registrándose una ratio promedio de 1:2 (hembras:machos). Este desbalance se manifestó de manera heterogénea en las distintas zonas de estudio, con valores particulares de 1:1.86 en Banco Gorda, 1:2.99 en Rosalinda, y ratios aún más pronunciadas en las zonas 1 (1:3.31) y 4 (1:2.06). Estos hallazgos presentan coherencia con los patrones documentados previamente en el Caribe, particularmente con los trabajos de Sosa-Cordero (2010) en Honduras, donde se reportaron proporciones similares en zonas ecológicamente equivalentes. La consistencia de estos datos se extiende a los estudios de Gómez et al. (2007) en Venezuela y Faria & Zamorro (2003) en Los Roques, aunque contrastan notablemente con las observaciones de Ramirez-Estevez (1996) en Quintana Roo, donde se registró un predominio de hembras.

La marcada asimetría sexual observada podría estar influenciada por diversos factores ecológicos y comportamentales. Los estudios de Kanciruk & Herrnkind (1976) revelan patrones diferenciales de movilidad entre sexos, particularmente en lo que concierne a estrategias de alimentación. Herrnkind (1980) postula que la disponibilidad y calidad de los recursos tróficos constituyen el principal conductor de estos desplazamientos, hipótesis que adquiere mayor relevancia al considerar los requerimientos nutricionales específicos asociados al dimorfismo sexual en crecimiento y metabolismo. Esta compleja interacción se ve adicionalmente modulada por los cambios ontogénicos en el uso de hábitat característicos de la especie, documentados exhaustivamente por Lozano-Álvarez et al. (2003) y Bertelsen (2013), donde se evidencia una correlación positiva entre el tamaño corporal y el ámbito hogareño.

El análisis de la distribución espacial en función de los tipos de sustrato reveló una clara preferencia por hábitats con predominio de zonas mixtas y rocosas (62.8%), seguido de sustratos arrecifales (34.2%). Estos resultados concuerdan con las observaciones de Bertelsen et al. (2010) respecto a la selección de refugios de fondo duro utilizados según estadios de desarrollo: los juveniles tempranos (<40 mm CL) mostraron afinidad por esponjas y octocorales, mientras que los estadios avanzados (>50 mm CL) seleccionaron preferentemente estructuras coralinas complejas. Esta segregación ontogénica se enmarca en el patrón general descrito por Butler et al. (2006), donde se establece una transición progresiva desde pastos marinos (estadios juveniles) hacia arrecifes coralinos (subadultos y adultos), con desplazamientos verticales que pueden alcanzar los 100 m de profundidad en la fase adulta (Briones-Fourzán et al., 2019).

En relación con lo expuesto anteriormente, los primeros estadios juveniles de *Panulirus argus* permanece en los hábitats de asentamiento, específicamente en áreas de vegetación marina costera, durante varios meses. Posteriormente, cuando alcanzan un tamaño subadulto (aproximadamente entre 50 y 80 mm de longitud del caparazón, CL), migran hacia hábitats de



arrecifes de coral (Butler et al., 2006). En su fase adulta, las langostas de *P. argus* (aproximadamente entre 80 y 200 mm de CL) continúan asociadas a los arrecifes de coral, aunque su rango de distribución se extiende a profundidades que oscilan entre los 50 y los 100 m (Briones-Fourzán et al., 2019). Estas langostas, que generalmente son más grandes que aquellas que habitan en zonas de arrecife trasero o cresta, presentan una notable capacidad de movilidad, lo que les permite regresar ocasionalmente a áreas de arrecife trasero y lagunas arrecifales para alimentarse, contribuyendo a su alta plasticidad ecológica y adaptación a diferentes ambientes (Bertelsen, 2013; Briones-Fourzán et al., 2019; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez, 2013).

Por otro lado, el hábitat de pastos marinos fue el menos representado en nuestros datos, con una frecuencia de observación de 3.24%. Este patrón puede atribuirse a la preferencia de las langostas por los fondos duros, un hallazgo que se alinea con las observaciones realizadas por Behringer et al. (2010), quienes reportaron una mayor abundancia de juveniles de *P. argus* en sustratos duros en comparación con los pastos marinos. Los muestreos regionales corroboraron una menor presencia de juveniles en pastos marinos, especialmente en ejemplares de mayor tamaño (>40 mm CL). Estos resultados sugieren que los fondos duros, particularmente aquellos cubiertos por macroalgas rojas constituyen el hábitat óptimo para el reclutamiento y la supervivencia de *P. argus* en el Caribe, lo que enmarca la importancia de los hábitats de fondo duro como áreas críticas para el desarrollo y crecimiento de esta especie Behringer et al. (2010).

6.5. Actividad reproductiva

El patrón de actividad reproductiva, particularmente en lo que respecta a las hembras ovadas, sigue la tendencia esperada, con un marcado incremento entre los meses de agosto y septiembre. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Sosa-Cordero (2010), quien documentó un comportamiento reproductivo bimodal caracterizado por un pico primario en mayo-junio y otro secundario en septiembre, en línea con lo descrito previamente por Arce & De Leon (2001). Cabe destacar que el establecimiento de los períodos de veda en la región se basa precisamente en estos picos de actividad reproductiva, tal como lo señaló Ehrhardt (2005b).

Los indicadores reproductivos obtenidos en este estudio son comparables a los observados por Gómez et al. (2007), quienes reportaron que, de un total de 185 hembras analizadas, el 9% se encontraron ovígeras, el 71% presentaron placa espermateca y el 20% exhibieron tanto huevos como placa espermateca. No obstante, en dicho estudio se registró la presencia de hembras maduras a lo largo de todo el período evaluado, con las mayores frecuencias concentradas en noviembre (40%) y diciembre (27%). En contraste, nuestros resultados mostraron que los meses con mayor actividad reproductiva fueron agosto y septiembre. Sin embargo, es importante señalar que no puede establecerse una estacionalidad reproductiva claramente definida, debido a la falta de información durante el período de veda (marzo-junio), lo cual limita la capacidad de extrapolar estos resultados a un ciclo anual completo.

Esta discrepancia en los patrones reproductivos podría atribuirse a variaciones ambientales o geográficas entre las áreas de estudio, así como a diferencias metodológicas en la recolección de datos. Futuras investigaciones deberían incluir un monitoreo continuo que abarque todo el año, incluida la época de veda, para obtener una comprensión más integral de la dinámica reproductiva de la especie en cuestión.



6.6. Proporción de mudas

En los decápodos, la frecuencia de muda presenta una relación inversamente proporcional con el tamaño corporal, observándose que los juveniles de *Panulirus argus* experimentan múltiples eventos de muda anuales (Forcucci et al., 1994; Lozano-Álvarez et al., 1991). Este proceso constituye el mecanismo fundamental para el crecimiento somático en langostas, siendo su comprensión crítica para la gestión pesquera, dado que parámetros como la capturabilidad y la adaptación al cautiverio están íntimamente ligados a la fase del ciclo de muda (Lipcius & Herrnkind, 1982).

Los patrones observados en este estudio concuerdan con los reportados por Ramirez-Estevez (1996), quien documenta que las hembras de crustáceos interrumpen la muda durante la incubación de huevos, mientras que los machos lo hacen durante el cortejo y apareamiento. Este fenómeno se evidencia en nuestros resultados, donde las hembras presentaron un pico máximo de muda en agosto, con eventos mínimos en octubre y noviembre, mientras que los valores mínimos se registraron en febrero para ambos sexos. Esta sincronización sugiere una adaptación fisiológica para optimizar la asignación de recursos entre crecimiento y reproducción.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas en la frecuencia de muda entre sexos durante agosto ($\chi^2 = 23.954$, $*p* < 0.001$) y septiembre ($\chi^2 = 9.509$, $*p* = 0.002$), rechazando la hipótesis nula de independencia entre sexo y muda. La marcada prevalencia de hembras en muda durante agosto coincide con una disminución en la actividad reproductiva, destacando el antagonismo entre estos procesos biológicos. Estos hallazgos robustecen la hipótesis de que los crustáceos adultos priorizan la reproducción sobre el crecimiento, mientras que los juveniles asignan mayor energía a la muda y desarrollo somático.

6.7. Evaluación del stock

La mortalidad por pesca (F) constituye un indicador fundamental de la intensidad de explotación en poblaciones marinas. El modelo LIME, aplicado a los datos de desembarques y composición por tallas de *Panulirus argus*, ha permitido estimar este parámetro clave con un valor de 0.556, junto con otros indicadores poblacionales críticos. Este enfoque metodológico, desarrollado por Rudd & Thorson (2018) y Rudd (2019), integra tanto la selectividad de la pesquería como el reclutamiento como efecto aleatorio, proporcionando una visión integral de la dinámica poblacional.

El análisis revela un reclutamiento estimado de 352,648 individuos en edad 0, mientras que el índice del Potencial Reproductivo Residual (SPR) alcanzó un valor de 0.43, indicando que la población mantiene apenas el 43% de su capacidad reproductiva teórica en ausencia de pesca. Particularmente preocupante resulta la comparación entre la biomasa actual del stock reproductor (89,763.69 unidades) y su nivel virginal ($SB_0 = 242,874.2$), mostrando una reducción del 63% en la capacidad reproductiva histórica. Estos valores, aunque dentro de márgenes manejables, sitúan a la población cerca de sus límites biológicos de seguridad.

La productividad intrínseca del stock, representada por el parámetro de reclutamiento de equilibrio ($\beta = 12.96$), sugiere una capacidad moderada de regeneración en condiciones ideales. Sin embargo, esta aparente resiliencia se ve comprometida por la alta variabilidad natural en el reclutamiento ($\sigma_R = 0.617$). La interacción entre esta variabilidad natural y la presión pesquera



actual ($F = 0.556$) resulta particularmente crítica, ya que el SPR de 0.43 indica que el reclutamiento efectivo se reduce a menos de la mitad de su potencial máximo.

Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Sánchez (2021) para poblaciones hondureñas, donde se documentaron valores de F entre 0.54 y 0.65. Asimismo, los resultados son consistentes con los de Sosa-Cordero et al. (2021) quienes identificaron tasas de mortalidad por pesca entre 0.40 y 0.64 con SPR de 0.39 a 0.47 en evaluaciones realizadas mediante el mismo método LIME. Esta consistencia regional en los patrones poblacionales robustece la validez de los resultados obtenidos.

Si bien técnicamente sería posible mantener la actividad pesquera con la mortalidad actual, los resultados sugieren que esta estrategia conduciría inevitablemente a una reducción progresiva de la biomasa reproductora, comprometiendo la producción de huevos y el reclutamiento futuro. La combinación de alta mortalidad pesquera, selectividad dirigida a adultos y variabilidad natural en el reclutamiento configura un escenario de riesgo que demanda medidas precautorias.



VII. Conclusiones

1. En general, durante la temporada 2024-2025 se obtuvo una captura total acumulada de 51,539.51 libras de cola, la cuales fueron capturadas en seis viajes de pesca por cada embarcación, con picos de captura en agosto y septiembre. El monitoreo de la flota artesanal avanzada evidenció una reducción progresiva en la participación de embarcaciones, pasando del 83% en el primer viaje a solo el 16% en el sexto, con ausencia de un séptimo viaje. Esta disminución estuvo dada por limitaciones operativas, como costos logísticos, disponibilidad del recurso o condiciones oceanográficas adversas.
2. La CPUE promedio (3.75 lb/buzo/día) mostró una marcada estacionalidad, con valores máximos en agosto (7.06 lb/buzo/día) y mínimos en enero (1.56 lb/buzo/día). Esta variabilidad refleja fluctuaciones en la abundancia accesible, posiblemente vinculadas a ciclos reproductivos, migraciones o cambios ambientales. La consistencia de los bajos rendimientos en meses fríos indica una limitación natural en la disponibilidad del recurso, lo que justifica implementar medidas de manejo diferenciadas por temporada, como cuotas ajustables o restricciones espaciales.
3. El Banco Gorda y la Zona 4 de Pesca Artesanal emergieron como las áreas de mayor productividad, con CPUE de hasta 25.5 lb/buzo/día. Estas zonas concentraron el mayor esfuerzo pesquero, lo que podría generar presión localizada y riesgo de sobreexplotación. Por el contrario, áreas como el este del Banco Rosalinda (CPUE = 5 lb/buzo/día) mostraron bajas CPUE. Por lo que, es imperante la implementación de esquemas de rotación de zonas pesqueras o la declaratoria de áreas bajo protección especial para reducir el impacto sobre los bancos más productivos.
4. Los datos recopilados indican que las embarcaciones artesanales avanzadas operaron principalmente en el Banco Rosalinda, desplazándose hasta 100 millas náuticas (MN) desde Cayo Gorda, así como en áreas adyacentes a las 30 MN del Banco Gorda, dentro de la Zona de Pesca Industrial I y la Zona de Pesca Artesanal 4. Estas distancias exceden significativamente el límite regulatorio de 8 MN desde la costa, límite establecido para las embarcaciones categorizadas como artesanales avanzadas. Esta situación genera riesgos operativos y de seguridad para las tripulaciones, considerando que las embarcaciones deben estar diseñadas para navegación en aguas distantes, y contar con la verificación por la Autoridad competente. De igual forma también podría provocar conflictos con la flota industrial y presiones insostenibles sobre los recursos marinos en zonas no autorizadas.
5. La similitud en las tallas medias entre machos (LA = 163 mm) y hembras (LA = 167 mm) sugiere un dimorfismo sexual mínimo en *P. argus*. No obstante, la mayor variabilidad en longitud de cefalotórax (LC) en machos podría indicar diferencias en estrategias de crecimiento o supervivencia, sin embargo, las tallas de LC y LA fueron similares, por lo que pueden haberse sobreestimado. Aunque la presencia de individuos por debajo de la talla mínima reglamentaria (128 mm) no fue cuantitativamente alta, es fundamental reforzar la fiscalización en las plantas procesadoras para evitar la captura de juveniles.



6. La proporción sexual desbalanceada (2:1 a favor de machos) fue consistente en todos los bancos pesqueros, con extremos como el Banco Rosalinda (2.99:1) y la Zona 1 (3.31:1). Este sesgo podría deberse a diferencias en comportamiento, mortalidad selectiva o hábitats preferenciales entre sexos.
7. El 26% de las hembras mostraron indicadores reproductivos (ovígeras, espermateca), con mayor actividad entre agosto y octubre. Sin embargo, la escasez de hembras ovígeras cerca de la veda (enero-febrero) sugiere un agotamiento de adultos reproductores hacia el final de la temporada. Adicionalmente, la mayor frecuencia de muda en hembras (11% en agosto) frente a machos (4%) podría relacionarse con demandas energéticas asociadas a la reproducción.
8. La evaluación del stock de langosta espinosa *Panulirus argus* mediante el modelo LIME indican que la población se encuentra bajo presión pesquera, con una mortalidad por pesca (F) de 0.556 año^{-1} , lo que sugiere una explotación cercana a los límites de sostenibilidad. La biomasa del stock reproductor actual ($SB_t = 89,763.69$ unidades) representa solo el 37% de la biomasa reproductiva virginal ($SB_0 = 242,874.2$), mientras que el potencial reproductivo relativo ($SPR = 0.43$) confirma que la población está produciendo menos de la mitad de los huevos que generaría en ausencia de pesca. El reclutamiento estimado para la temporada ($R_t = 352,648$ individuos en edad 0) refleja una capacidad de reposición moderada, aunque la alta variabilidad interanual ($\sigma_f = 0.617$) introduce incertidumbre sobre su estabilidad a largo plazo. La selectividad del arte de pesca (buceo) mostró una eficiencia crítica, con parámetros $S_{50} = 167.4 \text{ mm}$ y $S_{95} = 168.7 \text{ mm}$, lo que revela una ventana de captura extremadamente estrecha (1.3 mm). Este patrón implica que la pesca retiene prácticamente todos los individuos que superan la talla mínima de madurez (140 mm), limitando la contribución de tallas mayores al stock reproductor.
9. Los resultados de este estudio de prospección indican que la población de langosta (*Panulirus argus*) en la plataforma continental de Honduras está sometida a una fuerte presión por pesca. Esta presión se atribuye principalmente a la operación intensiva de la flota pesquera nacional, compuesta por tres modalidades principales: nasas, buceo y pesca artesanal avanzada con buceo, la cual representa el esfuerzo pesquero más extenso del país. Dada la naturaleza transzonal de la especie y considerando que la población de langosta constituye una única unidad stock en la región, esta condición, sumada a la explotación multisectorial, incrementa su vulnerabilidad a la sobreexplotación. Por lo tanto, resulta imperativo implementar medidas de manejo y ordenamiento pesquero más rigurosas para la sostenibilidad de la especie y sustentabilidad de la pesquería.



VIII. Recomendaciones

1. Los picos de captura en agosto-septiembre, coincidentes con el periodo post-veda, confirman la efectividad biológica de esta medida de manejo. No obstante, la abrupta disminución posterior indica una explotación intensiva del recurso recuperado. Se recomienda complementar la veda actual con medidas de control de esfuerzo durante los meses de máxima productividad, considerando implementar eventuales cuotas mensuales o cuota total de captura ajustables o sistemas de rotación de zonas pesqueras que permitan un aprovechamiento más equilibrado a lo largo de toda la temporada.
2. La identificación de zonas de alta productividad como el Banco Gorda y la Zona 4 de Pesca Artesanal, con CPUE de hasta 25.5 lb/buzo/día, indica una concentración espacial del recurso que podría llevar a sobreexplotación localizada. Se recomienda establecer un sistema de rotación espacial de áreas pesqueras, combinado con la creación de zonas de recuperación temporal en los bancos más productivos. Paralelamente, se debería promover la exploración de nuevas áreas pesqueras para reducir la presión sobre los bancos tradicionales.
3. El desequilibrio sexual observado (2:1 a favor de machos), particularmente marcado en ciertas zonas como el Banco Rosalinda (2.99:1) y la zona 1 de pesca artesanal (3.31:1), podría afectar el potencial reproductivo de la población. Se recomienda implementar medidas de manejo diferenciadas por sexo, como la liberación de hembras ovígeras o el establecimiento de cuotas específicas por sexo en áreas con mayor desbalance. Adicionalmente, se sugiere investigar las causas ecológicas o comportamentales que generan esta disparidad. Y dado que las hembras son críticas para la reproducción, se recomienda investigar si la disparidad presentada en este estudio afecta la fecundidad poblacional y, en caso necesario, establecer cuotas específicas por sexo en áreas con mayor desequilibrio.
4. Considerando que una proporción significativa de las embarcaciones artesanales avanzadas operan sistemáticamente en zonas asignadas a la pesca industrial superando ampliamente el límite de 8 millas náuticas desde costa establecido para su categoría y que las exigencias de seguridad de estos barcos, no es consecuente con las distancias en donde están pescando actualmente, se recomienda se recategorice a las embarcaciones pesqueras de langosta “artesanal avanzada”, ya que dado su tonelaje y las zonas en las que faenan, no cumplen con los criterios técnicos ni legales para definirlos como artesanales avanzadas. Esta reclasificación debe fundamentarse en un análisis técnico riguroso que considere: (1) el tonelaje bruto de las embarcaciones (2) los patrones reales de distribución espacial del esfuerzo pesquero, que evidencian operaciones en aguas profundas típicas de la flota industrial; y (3) las características estructurales y operacionales de las embarcaciones, que en la práctica coinciden con los requisitos técnicos de embarcaciones semi-industriales. Esta medida es esencial para garantizar el ordenamiento pesquero basado en criterios científicos y asegurar la sostenibilidad del recurso langostero mediante una asignación espacial acorde con la capacidad real de cada categoría de embarcación.
5. Los parámetros estimados ($F = 0.556$, $SPR = 0.43$) indican que la población opera cerca de su límite sostenible. La estrecha ventana de selectividad (167.4-168.7 mm) enfatiza en la



necesidad de revisar los criterios de captura para proteger una mayor proporción de reproductores. Se recomienda implementar un sistema de manejo adaptativo que incluya: 1) ajustes dinámicos en el esfuerzo pesquero basados en monitoreo continuo y 2) protección especial para individuos de tallas mayores (>200 mm) que contribuyen desproporcionadamente al potencial reproductivo.

6. Dada la evidencia de que la pesquería opera en el umbral de su capacidad máxima de rendimiento sostenible, resulta imperativo implementar medidas que prevengan cualquier incremento en el esfuerzo pesquero. Esto implica evitar el aumento en el número de embarcaciones activas y pescadores involucrados en la actividad. Se propone desarrollar, en coordinación con el sector pesquero, estrategias consensuadas que permitan reducir gradualmente el esfuerzo de captura, así como, implementar un sistema de cuotas individuales de captura para la flota de buceo, basado en evaluaciones científicas del stock reproductivo y la capacidad de carga del ecosistema garantizando tanto la sostenibilidad del recurso como la viabilidad económica del sector, entre estas la asignación de una cuota de captura.
7. Respecto a lo anterior, los análisis de evaluación de stock de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Caribe de Honduras, que incluyen estudios de Sosa-Cordero (2010, 2022) y Sánchez-Barquero (2021), demuestran consistentemente que la mortalidad por pesca (F) supera sistemáticamente la mortalidad natural de referencia ($F = 0.36$), con valores que oscilan entre 0.37-0.67 en evaluaciones recientes y hasta 2.72 en periodos de mayor presión pesquera. **Considerando que la langosta constituye una única población en la región y que los resultados de este estudio ($F = 0.556$) concuerdan con esta tendencia de sobreexplotación pero que se requiere obtener más de datos para robustecer los modelos y resultados, se recomienda dar continuidad al estudio con embarcaciones artesanales avanzadas como “Pesca de Investigación” por una temporada pesquera más como establece el acuerdo ministerial SAG-121-2024.** Esta ampliación del estudio deberá ejecutarse en estricto cumplimiento de las medidas de ordenamiento pesquero establecidas en el mencionado acuerdo y el artículo 44 de la Ley General de Pesca y Acuicultura que regule la temporada 2025-2026, garantizando así la alineación con los criterios de sostenibilidad, selectividad y minimización de impacto ecosistémico.
8. Paralelamente, se recomienda fortalecer el programa de observadores científicos, focalizándolo en la flota industrial hondureña tanto para la modalidad de pesca con nasa como para la pesca por buceo, responsable del 95% del desembarco total dado su impacto desproporcionado en la dinámica poblacional de la especie. Este monitoreo continuo es esencial para generar series temporales robustas que permitan detectar cambios en el estado del stock, calibrar modelos de evaluación, y fundamentar medidas de manejo adaptativas que aseguren la recuperación del recurso y la sostenibilidad a largo plazo de la pesquería.
9. Se recomienda fortalecer los mecanismos de trazabilidad y transparencia en la cadena de comercialización. Esto requiere establecer un flujo de información sistemático y estandarizado entre las plantas procesadoras y la Dirección General de Pesca y Acuicultura (DIGEPESCA), garantizando el reporte periódico de datos confiables sobre volúmenes de exportación y mercado interno, desagregados por categorías comerciales. Las plantas



deberán proporcionar registros completos y oportunos de su producción, mientras que los capitanes de embarcación deberán contribuir mediante el llenado de bitácoras simplificadas que capturen variables clave (esfuerzo, captura diaria y ubicación geográfica, fauna acompañante y especies no objetivo), facilitando así el monitoreo científico de la pesquería.

10. Como medida prioritaria, se recomienda implementar con carácter inmediato un programa integral de monitoreo del reclutamiento, que permita obtener estimaciones más precisas de la dinámica poblacional. Este programa deberá incorporar metodologías estandarizadas para el seguimiento de juveniles en áreas de cría. Paralelamente, se sugiere establecer medidas provisionales de reducción de la mortalidad por pesca, adoptando un enfoque precautorio que minimice el riesgo de sobrepesca del reclutamiento.
11. La evidencia técnica y científica disponible presenta argumentos contundentes que justifican la necesidad de que la Dirección General de Pesca y Acuicultura (DGPA) evalúe la implementación de un sistema de cuotas de captura, aplicable tanto a la flota industrial como a la artesanal, como medida prioritaria para garantizar la sostenibilidad del recurso langosta. Los indicadores pesqueros actuales, sumados a los patrones de explotación observados, demuestran una presión significativa sobre el stock, lo que hace imperativo establecer mecanismos de control más estrictos que los actualmente vigentes. En este contexto, se recomienda de manera formal la adopción de una cuota global de captura para toda la flota nacional, distribuida de manera equitativa y bajo criterios técnicos que consideren la capacidad de carga del ecosistema, la salud poblacional del recurso y los aspectos socioeconómicos de los sectores involucrados.



IX. Literatura citada

- Aguilar, C. C., & Gonzales, J. (1987). Explotación de langosta espinosa en el norte del estado de Quintana Roo, durante la temporada 1986-1987. Análisis de la composición por tallas y de producción de la captura comercial. (p. 36). Instituto Nacional de Pesca, Secretaría de Pesca.
- Alegría, A. (2023, enero 6). Nota conceptual. Honduras Oceanographic Society. <https://honduras.pubpub.org/pub/bs6p63au/release/6>
- Arce, & De Leon, M. E. (2001). Biology. En Report of the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC Regional Workshops on the Assessments of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*). (P. Medley and S. Venema, Vol. 619, pp. 7-25). FAO Fisheries. <https://www.fao.org/4/X9186E/X9186E00.htm>
- Atherley, N., Dennis, M., Behringer, D., & Freeman, M. (2021). Size at sexual maturity and seasonal reproductive activity of the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*. *Marine Ecology Progress Series*, 671, 129-145. <https://doi.org/10.3354/meps13762>
- Baisre, J. a. (2000). The Cuban Spiny Lobster Fishery. En *Spiny Lobsters* (pp. 135-152). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470698808.ch7>
- Barnutty, R. (2001a). Actualización de los parámetros de crecimiento de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) del Mar Caribe de Nicaragua. (p. 7) [Informe tecnico]. Centro de Investigaciones Pesqueras Acuicolas (CIPA).
- Barnutty, R. (2001b). Evaluación del estado actual de explotación del recurso langosta del mar Caribe de Nicaragua y cálculo de la cuota biológicamente aceptable para el período biológico junio 2001 – Mayo, 2002 (p. 19). Centro de Investigaciones Pesqueras Acuicolas (CIPA).
- Behringer, D. C., Butler IV, Mark J., Herrnkind, William F., Hunt, John H., Acosta, Charles A., & Sharp, W. C. (2010). Is seagrass an important nursery habitat for the Caribbean spiny lobster, *panulirus argus*, in Florida? *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(1), 327-337. <https://doi.org/10.1080/00288330909510003>
- Bertelsen, R. D. (2013). Characterizing daily movements, nomadic movements, and reproductive migrations of *Panulirus argus* around the Western Sambo Ecological Reserve (Florida, USA) using acoustic telemetry. *Fisheries Research*, 144, 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.12.008>
- Bertelsen, R. D., Butler IV, Mark J., Herrnkind, William F., & Hunt, J. H. (2010). Regional characterisation of hard-bottom nursery habitat for juvenile Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) using rapid assessment techniques. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(1), 299-312. <https://doi.org/10.1080/00288330909510002>
- Bolaños-Cubillos, N., Campos, N. H., & Márquez, E. J. (2015). Variación fenotípica de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Decapoda: Paniluridae) en el Caribe Suroccidental. *Revista de Biología Tropical*, 64(3), 975-990.
- Briones-Fourzán, P., Álvarez-Filip, L., Barradas-Ortíz, C., Morillo-Velarde, P. S., Negrete-Soto, F., Segura-García, I., Sánchez-González, A., & Lozano-Álvarez, E. (2019). Coral Reef Degradation Differentially Alters Feeding Ecology of Co-occurring Congeneric Spiny Lobsters. *Frontiers in Marine Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00516>
- Briones-Fourzán, P., & Lozano-Álvarez, E. (2007). Aspectos poblacionales del caracol rosado (*Strombus gigas*) y las langostas (*Panulirus argus* y *P. guttatus*) del Parque Chankanaab. En *Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel* (Mejía-Ortíz, L). Universidad de Quintana Roo -- Plaza y Valdés, México D. F. https://www.researchgate.net/publication/273728753_Aspectos_poblacionales_del_ca



- racol_rosado_Strombus_gigas_y_las_langostas_Panulirus_argus_y_P_guttatus_del_Parque_Chankanaab
- Briones-Fourzán, P., & Lozano-Álvarez, E. (2013). Essential Habitats for Panulirus Spiny Lobsters. En Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries (pp. 186-220). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118517444.ch7>
- Butler, M. J., Steneck, R. S., & Herrnkind, W. F. (2006). Juvenile and adult ecology. En Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries, (B. F. Phillips, pp. 263-309). Oxford: Blackwell. <https://www.lifewatch.be/imis?module=ref&refid=100272&printversion=1&dropIMIStyle=1>
- Butler Mj, I., Paris, C., Goldstein, J., Matsuda, H., & Cowen, R. (2011). Behavior constrains the dispersal of long-lived spiny lobster larvae. Marine Ecology Progress Series, 422, 223-237. <https://doi.org/10.3354/meps08878>
- Carruthers, T. R., Punt, A. E., Walters, C. J., MacCall, A., McAllister, M. K., Dick, E. J., & Cope, J. (2014). Evaluating methods for setting catch limits in data-limited fisheries. Fisheries Research, 153, 48-68. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.12.014>
- CFMC, NOAA, GMFMC, SAFMC. (2008). Final amendment 4 to the fishery Management Plan for the Spiny Lobster fishery of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands and amendment 8 to the joint Spiny Lobster Fishery Management Plan of the Gulf of Mexico and South Atlantic. Caribbean Fishery Management Council, National Oceanic & Atmospheric Administration, Gulf of Mexico Fishery Management Council, South Atlantic Fishery Management Council. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6315a7dd28acb05a6af5e26ccd9925eabd206c7a](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6315a7dd28acb05a6af5e26ccd9925eabd206c7a)
- Chollett, I., Box, S. J., & Mumby, P. J. (2016). Quantifying the squeezing or stretching of fisheries as they adapt to displacement by marine reserves. Conservation Biology, 30(1), 166-175. <https://doi.org/10.1111/cobi.12573>
- Cobb, J. S., & Phillips, B. F. (1980). The Biology and Management of Lobsters: Physiology and behavior. Academic Press.
- Cruz, R. (1998). Manual de Métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa. Segundo taller sobre las pesquerías de langosta espinosa Panulirus argus en la región de la COPACO. [Informe tecnico].
- Cruz, R. (2002). Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 399. Roma, FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c708ef67-108a-40cc-a32b-f09644a7ff33/content>
- Cruz, R., & De Leon, M. E. (1991). Dinámica reproductiva de la langosta (Panulirus argus) en el archipiélago cubano. Revista Investigaciones Marinas, 12(1-3), 234-245.
- Csirke, J. (1993). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Fishery and Aquaculture Economics and Policy. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/t0169s>
- Daniel, W. (1992). Bioestadística. Bases para el análisis de las Ciencias de la Salud. (Sexta). LIMUSA WILEY. <https://www.estadisticaparalainvestigacion.com/wp-content/uploads/2019/03/Bioestad%C3%ADstica-de-Daniel-Wayne.pdf>
- Dávila, D., Cruz, R., Perera, E., & Saavedra, G. (2007). Apareamiento y desove de la langosta Panulirus argus (Latreille, 1804) en cautiverio en Cuba., Mating and hatching of the spiny lobster Panulirus argus (Latreille, 1804) in captivity in Cuba). Revista de Investigaciones Marinas, 28(1), 29-41.
- Davis, G. E., & Dodrill, J. W. (1989). Recreational Fishery and Population Dynamics of Spiny Lobsters, Panulirus Argus, in Florida Bay, Everglades National Park, 1977–1980. Bulletin of Marine Science, 44(1), 78-88.



- Ehrhardt, N. M. (2005a). Population Dynamic Characteristics and Sustainability Mechanisms in Key Western Central Atlantic Spiny Lobster, *Panulirus Argus*, Fisheries. *Bulletin of Marine Science*, 76(2), 501-526.
- Ehrhardt, N. M. (2005b). Population Dynamic Characteristics and Sustainability Mechanisms in Key Western Central Atlantic Spiny Lobster, *Panulirus Argus*, Fisheries. *Bulletin of Marine Science*, 76(2), 501-526.
- Emlen, J. M. (1977). *Ecology an Evolutionary Approach* (2ND PRINTING edition). ADDISON-WESLEY PUB.
- FAO. (2019). Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery regional management plan. Western Central Atlantic Fisheries Commission 17th Session. WECAFC/XVII/ 2019/ 10.
- FAO. (2025). Fisheries and Aquaculture. *Panulirus argus* (Latreille, 1804). <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3445/en>
- FAO, F. (2001). Report of the Workshop on Management of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*) Fisheries in the area of the WECAFC. Merida , Mexico, 4-8 September 2000 / Informe del Taller sobre Manejo de las Pesquerías de Langosta Espinosa (*Panulirus argus*) del área de la COPACO. Merida, México, 4-8 de septiembre de 2000. FAO Fisheries Report No. 643. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/x9998b>
- Faria, M., & Zamarro, J. (2003). Evaluación, ordenación y comanejo de Langosta *Panulirus argus* en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques (Venezuela) [Informe Proyecto Araucaria.]. Agencia de Cooperación Española Internacional. Madrid. https://www.academia.edu/11251750/Evaluaci%C3%B3n_ordenaci%C3%B3n_y_comanejo_de_Langosta_Panulirus_argus_en_el_Parque_Nacional_Archipi%C3%A9lago_Los_Roques_Venezuela
- Forcucci, D., Butler, M., & Hunt, J. (1994). Population-Dynamics of Juvenile Caribbean Spiny Lobster, *Panulirus-Argus*, in Florida Bay, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 54(3). https://digitalcommons.odu.edu/biology_fac_pubs/26
- Gedamke, T., & Hoenig, J. M. (2006). Estimating Mortality from Mean Length Data in Nonequilibrium Situations, with Application to the Assessment of Goosefish. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135(2), 476-487. <https://doi.org/10.1577/T05-153.1>
- Gómez, G., Guzmán, R., & Barrios, A. (2007). Aspectos biométricos y dinámica reproductiva de la langosta espinosa, *Panulirus argus*, en áreas de pesca de la costa norte de la Península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 25(3), 211-214.
- Herrnkind, W. F. (1980). Spiny lobsters: Patterns of movement. En *The Biology and Management of Lobsters I: Vol. Vol. 1: Physiology and Behavior* (J. S. Cobb & B. F. Phillips, pp. 349-407). Academic Press, New York. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573105973959645440>
- Hordyk, A., Ono, K., Valencia, S., Loneragan, N., & Prince, J. (2015). A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 217-231. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu004>
- Irias, A., Rodriguez, J., & Suazo, M. (2001). La pesquería de langosta en Honduras. En Report of the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC Regional Workshops on the Assessments of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*). (P. Medley and S. Venema, pp. 206-2015). <https://www.fao.org/4/y4931b/y4931b0f.htm>
- Kanciruk, P., & Herrnkind, W. F. (1976). Autumnal Reproduction in *Panulirus Argus* at Bimini, Bahamas. *Bulletin of Marine Science*, 26(4), 417-432.



- Lipcius, R. N., & Herrnkind, W. F. (1982). Molt cycle alterations in behavior, feeding and diel rhythms of a decapod crustacean, the spiny lobster *Panulirus argus*. *Marine Biology*, 68(3), 241-252. <https://doi.org/10.1007/BF00409591>
- Lozano-Álvarez, E., Briones-Fourzan, P., & Phillips, B. (1991). Fishery Characteristics, Growth, and Movements of the Spiny Lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascension, Mexico | Scientific Publications Office. *Fishery Bulletin*, 89, 79-89.
- Lozano-Álvarez, E., Briones-Fourzán, P., & Ramos-Aguilar, M. E. (2003). Distribution, shelter fidelity, and movements of subadult spiny lobsters (*Panulirus argus*) in areas with artificial shelters. *J. Shellfish Res.*, 22, 533-540.
- Lyons, G., Barber, D. G., Foster, S. M., Kennedy, F. S., & Milano, G. R. (1981). The Spiny Lobster, *Panulirus argus*, in the Middle and Upper Florida Keys: Population Structure, Seasonal Dynamics, and Reproduction. Florida Marine Research Publications.
- Marx, J. M., & Herrnkind, W. (1986). Species Profiles. Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fishes and Invertebrates (South Florida). Spiny Lobster. (82; p. 21). U.S. Departm. of the Interior/U.S. Army Corps. of Engineers. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA181586>
- Nadon, M. O., Ault, J. S., Williams, I. D., Smith, S. G., & DiNardo, G. T. (2015). Length-Based Assessment of Coral Reef Fish Populations in the Main and Northwestern Hawaiian Islands. *PLOS ONE*, 10(8), e0133960. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133960>
- OSPESCA. (2018). Plan regional de manejo de la pesquería de la langosta espinosa del Caribe (*Panulirus argus*) (p. 70). Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA).
- Padilla Ramos, S., & Briones Fourzán, P. (1997). Características biológicas de las langostas (*Panulirus* spp.) provenientes de las capturas en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Ciencias marinas*, 23(2 (JUN)), 175-193.
- Pereira, G., & Josupeit, H. (2017). The world lobster market. FAO-Fisheries.
- Pérez, M. (1998). Adaptación de un modelo de conversión de tallas industriales a largos biológicos para los datos de las pesquerías de langosta y camarón de Nicaragua. Centro de Investigaciones Pesqueras Acuicolas (CIPA).
- Phillips, B., & Kittaka, J. (2008). Spiny Lobsters: Fisheries and Culture. John Wiley & Sons.
- Pons, M., Cope, J. M., & Kell, L. T. (2020). Comparing performance of catch-based and length-based stock assessment methods in data-limited fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(6), 1026-1037. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2019-0276>
- Posada, J. M., & Fariá-Romero, M. A. (2015). Langosta espinosa, *Panulirus argus*. En *Ibro Rojo de la Fauna Venezolana*. Cuarta edición. Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela. (Rodriguez, J.P; Garcia-Rawlins, A y Rojas-Suárez, F.). Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela. <https://www.especiesamenazadas.org/taxon/arthropoda/crustacea/decapoda/panilurida/panulirus/langosta-espinosa>
- Purkis, L. (2015). Summary report of satellite mapping of morphological and benthic habitats for the Eastern Honduras Cays and Banks. (p. 24). Smithsonian Institution. Fort Pierce.
- Ramirez-Estevez, A. E. (1996). Reproduccion de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la costa noreste de Quintana Roo [Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000244435>
- Rosenberg, A. A., Fogarty, M. J., Cooper, A. B., Dickey-Collas, M., Fulton, E. A., Gutiérrez, N. L., Hyde, K. J. W., Kleisner, K. M., Kristiansen, K. T., Longo, C., Minto-Vera, C., Minto, Mosqueira, I., Chato-Osio, G., Ovando, D., Selig, E., Thorson, J., & Ye, Y. (2014). Developing new approaches to global stock status assessment and fishery production potential of the seas (p. 175) [FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1086.]. FAO-Fisheries. <https://www.fao.org/4/i3491e/i3491e00.htm>



- Rudd, M. B. (2019). Length-based integrated mixed effects model code [online]. GITHUB. <https://cdnsiencepub.com/doi/full/10.1139/cjfas-2019-0276>
- Rudd, M. B., & Thorson, J. T. (2018). Accounting for variable recruitment and fishing mortality in length-based stock assessments for data-limited fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 75(7), 1019-1035. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0143>
- Sánchez, B. R. (2021). Evaluación binacional del stock de langosta espinosa del Caribe *Panulirus argus* en la plataforma Honduras – Nicaragua. (p. 61). INPESCA, DIGEPESCA, WWF.
- SECPLAN. (1990). Diagnostic of the fisheries sector in Honduras (p. 341). Secretaria de Planeacion, Coordinacion y Presupuesto. Secretaria de Recursos Naturales.
- Seijo, J. C. (2007). Considerations for management of metapopulations in small-scale fisheries of the Mesoamerican barrier reef ecosystem. *Fisheries Research*, 87(1), 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.06.016>
- Sosa-Cordero, E. (2010). Evaluación del recurso langosta *Panulirus argus* en la plataforma de Honduras y Nicaragua, a partir de datos del programa de observadores colectados en dos temporadas 2007-2008; 2009- 2010. El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chetumal. <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-imageviewer.pl?biblionumber=42391>
- Sosa-Cordero, F. E., Hernández Millán, M. B., Lara Sánchez, L., & Antele Sangabriel, M. W. (2021). Monitoreo y evaluación del estado del recurso langosta espinosa (*Panulirus argus*) en las áreas de pesca del Parque Nacional Isla Contoy durante la temporada 2021-2022. SPPP “Caribe” y Dirección del Parque Nacional Isla Contoy (PNIC)-CONANP.
- Thorson, J. T., Johnson, K. F., Methot, R. D., & Taylor, I. G. (2017). Model-based estimates of effective sample size in stock assessment models using the Dirichlet-multinomial distribution. *Fisheries Research*, 192, 84-93. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.06.005>
- Wenner, A. M. (1972). Sex Ratio as a Function of Size in Marine Crustacea. *The American Naturalist*, 106(949), 321-350. <https://doi.org/10.1086/282774>
- Williams, A. B. (1965). Marine decapod crustaceans of the Carolinas. *Fishery Bulletin*, 65(1), 1-298.