

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Estado poblacional del langostino *Scyllarides astori* (Holthuis,
1960) en la Reserva Marina de las islas Galápagos**

Adriana Vargas Pasquier

Biología

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Bióloga

Quito, 16 de diciembre de 2024

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales - COCIBA

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Estado poblacional del langostino *Scyllarides astori* (Holthuis, 1960) en
la Reserva Marina de las islas Galápagos**

Adriana Vargas Pasquier

Nombre del profesor, Título académico

Alex Hearn, PhD

Quito, 16 de diciembre de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

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

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

Nombres y apellidos: Adriana Vargas Pasquier

Código: 00212693

Cédula de identidad: 6333788

Lugar y fecha: Quito, 16 de diciembre de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

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

UNPUBLISHED DOCUMENT

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

DEDICATORIA

A la memoria de mi abuela Sylvia Estela Chafuen, quien siempre creyó en mí, hizo posible mis estudios en la Universidad San Francisco de Quito y me inspiró a perseguir mis sueños. A quien, con su ejemplo de vida, me enseñó de empatía, de la dedicación al trabajo y la pasión por la educación. Este trabajo es un tributo a su legado y amor eterno.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Alex Hearn, mi director de tesis, por su invaluable guía, paciencia, apoyo y confianza durante todo el desarrollo de este trabajo. Su experiencia, su trabajo y sus consejos fueron fundamentales para alcanzar los objetivos planteados para este proyecto.

Extiendo mi gratitud a la Universidad San Francisco de Quito y al Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales, COCIBA, por brindarme los recursos y el entorno necesario para llevar a cabo esta investigación.

Agradezco también al Parque Nacional Galápagos y a los pescadores de las islas, quienes me colaboraron en la recolección de datos.

A mi familia, por su apoyo incondicional y su motivación. Su confianza en mí ha sido mi mayor fuente de inspiración.

A mi pareja y su familia, de igual manera por su motivación y comprensión durante los momentos más desafiantes de este proceso siendo extranjera.

Finalmente, a mis compañeros y amigos, quienes, con sus palabras de ánimo y colaboración directa o indirecta, contribuyeron el logro de esta investigación.

RESUMEN

El langostino de las islas Galápagos *Scyllarides astori* es una especie regionalmente endémica que se explota en Galápagos para consumo local. Sin embargo, existe una creciente preocupación sobre su estado poblacional, ya que se exportan cantidades significativas al continente y el nuevo Calendario Pesquero Quinquenal de Galápagos contempla la búsqueda de nuevos mercados para esta especie. Es fundamental mejorar la comprensión y conocimiento de su estado poblacional para implementar esquemas de manejo sustentables asegurando la supervivencia de esta especie en el ecosistema. Se recolectaron datos preliminares de la pesca del año 2024 a través de encuestas realizadas a pescadores activos del langostino en la Reserva Matina de Galápagos (RMG). Las preguntas eran basadas en la pesca por número de individuos por noche durante la temporada en las 3 islas más pobladas. Estos datos se insertaron en el programa ParFish para automatizar la evaluación del estado poblacional, el cual indicó una biomasa baja y alejada de su máxima capacidad sustentable respaldada por los datos de percepción de los pescadores. Por otro lado, se obtuvieron datos de las capturas y recapturas con buceos a profundidad entre 1 y 20m con transectos de 200m durante los años 2000-2023, se analizaron en R y se observó un aumento de las capturas en los últimos años. Con esta evaluación ya es posible analizar la vulnerabilidad de la especie y realizar recomendaciones para un mejor manejo sostenible de la pesca y sus regulaciones en la RMG.

Palabras clave: langostino, biomasa, Pacífico este tropical, ParFish, Galápagos

ABSTRACT

The Galapagos slipper lobster (*Scyllarides astori*) is a regionally endemic species harvested in the Galapagos Islands for local consumption. However, there is growing concern about its population status, as significant quantities are exported to the mainland, and the new Galapagos Five-Year Fishing Calendar aims to explore new markets for this species. Enhancing our understanding and knowledge of its population status is essential to implement sustainable management frameworks that ensure the species' survival within the ecosystem. Preliminary fishing data for 2024 were collected through surveys conducted with active slipper lobster fishers in the Galapagos Marine Reserve (GMR). The questions focused on the number of individuals caught per night during the fishing season across the three most populated islands. These data were input into the ParFish program to automate the assessment of the population status, which indicated low biomass levels far from its maximum sustainable capacity. This result was supported by the fishers' perception data. Additionally, capture and recapture data were collected through diving surveys conducted at depths of 1 to 20 meters along 200-meter transects from 2000 to 2023. These data were analyzed in R, showing an increase in catches in recent years. This evaluation provides the foundation for analyzing the species' vulnerability and making recommendations for improved sustainable fishing management and regulations within the GMR.

Key words: slipper lobster, biomass, Galapagos, Eastern Tropical Pacific, ParFish

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. METODOLOGÍA	15
ÁREA DE ESTUDIO	15
ENCUESTAS	15
ANÁLISIS DE DATOS - PARFISH	16
MONITOREO DE CAMPO: 2000 - 2023	17
ANÁLISIS DE DATOS - R Y RSTUDIO	17
3. RESULTADOS.....	19
4. DISCUSIÓN.....	25
5. CONCLUSIONES.....	28
6. REFERENCIAS	29
ANEXO A: ALCANCE DE ENCUESTAS POR ISLA	34
ANEXO B: ENCUESTA.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Probabilidad de distribución de la biomasa actual	20
Figura 2: Probabilidad de distribución de la biomasa asintótica.....	21
Figura 3: Percepción de abundancia poblacional.....	21
Figura 4: Rentabilidad de la pesca de langostino	22
Figura 5: Variación de capturas 2023 vs capturas 2024 por isla.....	23
Figura 6: Análisis de capturas por unidad de esfuerzo entre 2000-2023 por isla	24

1. INTRODUCCIÓN

El langostino de Galápagos, *Scyllarides astori* (Scyllaridae), se diferencia fácilmente de las otras familias de langostas por la presencia de los segmentos de las antenas amplios y planos, sin articulaciones notables (Azofeifa-Solano et al., 2016; Holthuis, 1985, 1991). Su distribución se restringe al Pacífico tropical oriental (ETP, por sus siglas en inglés), en las costas del oeste de América continental y las islas Galápagos (Azofeifa-Solano et al., 2016; Carbajal-López et al., 2017; Chow et al., 2024; Holthuis, 1991; Melo et al., 2021; Webber & Booth, 2007). Hickman & Zimmerman (2000) sugieren que *S. astori* es una especie endémica de las islas Galápagos, sin embargo, en la última década, ha habido registros de especímenes adultos en otras regiones. En el año 2016 registraron por primera vez a un adulto de esta especie en la Isla del Coco con el código MZUCR 3383-01 en el museo de zoología de la universidad de Costa Rica, expandiendo la distribución de esta especie en las islas oceánicas del pacífico oriental (Azofeifa-Solano et al., 2016). Asimismo, Carbajal-López et al. (2017), reportaron el primer encuentro de *S. astori* al oeste de México continental. Los autores sugieren que, al haber adultos de este especie y hembras ovadas en esta región de Jalisco sur y Colima norte, puede existir una población residente en el área. Todo esto confirma que, de hecho, *S. astori* se distribuye desde el golfo de California hasta el archipiélago ecuatoriano de Galápagos (Azofeifa-Solano et al., 2016; Carbajal-López et al., 2017; Chow et al., 2024) pasando por las islas oceánicas del ETP, incluyendo el atolón de Clipperton, donde se estipula haber encontrado larvas de esta especie a 200 millas al norte de la localidad (Carbajal-López et al., 2017; Holthuis, 1991).

Los langostinos habitan en cuevas y grietas de distintos sustratos a distintas profundidades (Webber & Booth, 2007), desde aguas costeras poco profundas (Chow et al., 2024) hasta la zona rocosa submareal de al menos 40m (Hearn, 2006). Esta especie,

S. astori, es conocida por diversos nombres comunes (Webber & Booth, 2007) como langosta china, langostino de galápagos, ‘slipper lobster’ en inglés y langosta zapatera (Carbajal-López et al., 2017).

Por otro lado, en Galápagos, *S. astori* es objetivo de una pesquería. Debido a la reducción masiva de la población de la langosta espinosa por su explotación para consumo humano, los pescadores optaron por la pesca de esta especie grande y similar (Lavalli & Spanier, 2007). Sin embargo, llegó a un punto en el cual la estabilidad poblacional de esta especie se volvió preocupante debido a la pesca excesiva para su consumo en el archipiélago y en Ecuador continental (Hearn et al., 2007).

Como indica el informe de Lalancette (2008) sobre la pesca de langosta y langostino, la pesquería comercial de pequeña escala como lo es esta especie produce más de la mitad de las capturas anuales de peces marinos y al ser esta una especie sobreexplotada por la pesca artesanal representa uno de los problemas socioeconómicos más importantes para la población local (Defeo & Castilla, 2005). Así también, Okey et al. (2004) concluyeron que la reducción de estas especies que se alimentan de invertebrados a causa de la pesca puede tener efectos indirectos en los arrecifes de Galápagos, e incluso puede llegar a una disminución de la biodiversidad de la región (Okey en Sonnenholzner et al. 2009). Entonces, aunque esta especie no sea explotada para su exportación global (Azofeifa-Solano et al., 2016), tiene un alto índice de pesca por su importancia comercial en la pesca y consumo local.

De todos modos, las actividades humanas de pesca con mano, gancho y chinguillo (conocido así en Galápagos), y equipos de buceo han hecho que el estado de su población sea más vulnerable (Chow et al., 2024), sin embargo, en la lista roja de IUCN esta especie figura con deficiencia de datos, es decir que no se tiene un estatus establecido de amenaza (IUCN, 2009).

También existen estudios fisiológicos que sugieren que las langostas o langostinos pueden proporcionar modelos únicos para la neurofisiología y la ontogenia de los sistemas de intercambio de gases e iones (Lavalli et al., 2007), por lo que resulta fundamental mejorar la comprensión y el conocimiento del estado poblacional de *S. astori* para implementar esquemas de manejo sustentable que aseguren la supervivencia de su población a largo plazo.

Con todo esto, surge la importancia de prevalecer la población saludable de esta especie, por lo que se desarrolló un calendario pesquero en base al ciclo reproductivo y su crecimiento para la especie antes no regulada *S. astori* para mantener la población estable. Este calendario pesquero inicialmente se efectuó en un plazo de 5 años, del 2002-2006, como una herramienta de manejo para el control pesquero (Hearn, 2006; Lalancette, 2008). Posteriormente, con nuevas regulaciones impuestas en el calendario pesquero 2016-2021, la población del langostino seguía en declive (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2016). Se reconoce que la captura del langostino es probable que esté subestimada debido al bajo nivel de información y de notificación relacionado con la prioridad que se tiene hacia el manejo y el control de la langosta espinosa (Lalancette, 2008; Martínez et al., 2002).

Se espera que, con el nuevo calendario pesquero 2023-2027 establecido por un acuerdo ministerial, las poblaciones puedan recuperarse y mantenerse en un equilibrio saludable, ya que pretenden establecer las pautas sobre la explotación del recurso pesquero. Sin embargo, este mismo calendario dispone a la sección de comercialización de la especie con un objetivo de ampliar el mercado a nivel internacional dependiendo del estado de la población. Pero, el mismo calendario indica que los puntos de referencia no han sido determinados, indicando una falta de información para determinar el manejo y los límites

de pesca, así como también impulsan el desarrollo de nuevas líneas de investigación científica a esta especie (disponible en FAO, 2023).

Con esta preocupación surge la interrogante de cómo pretenden extender el mercado a nivel internacional, el cual implica una demanda enorme, sin conocer el estado poblacional en el que se encuentra esta especie dentro de la Reserva Marina de Galápagos, RMG. Por lo que, en este estudio, se evaluó el estado poblacional de *Scyllarides astori* mediante encuestas a pescadores activos de las islas más pobladas: Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela. Para lograrlo se planeó determinar el cambio de la biomasa poblacional, analizar las percepciones pesqueras sobre la abundancia de esta especie, evaluar la rentabilidad de la pesca con respecto a sus capturas y comparar estos datos con los de un proyecto de marcaje y recaptura iniciado en el año 2000. Entonces, en este estudio presentamos un primer avance del estado poblacional de *Scyllarides astori* en la RMG.

2. METODOLOGÍA

Área de estudio

El archipiélago de las Galápagos es parte de los grupos de islas pertenecientes al ETP (Cárdenas & Lew, 2016) , conformado por 15 islas, de las cuales cuatro están pobladas (Stahl et al., 2020), y alrededor de 108 islotes (Snell et al., 1996). El archipiélago se encuentra bajo la jurisdicción de la República del Ecuador a 1000 km de distancia de la costa continental ecuatoriana (CMAR - Corredor Marino del Pacífico Este Tropical, 2024) e incluye dos áreas protegidas: el Parque Nacional Galápagos, que consta de un 97% de la superficie terrestre, y la Reserva Marina Galápagos (RMG), protegiendo los ambientes marinos alrededor de las islas (Ministerio del Ambiente, 2015).

Dentro de la RMG existen zonas restringidas para la pesca artesanal, comercial y recreativa donde se prioriza el valor desde un punto de vista ambiental y científico con el fin de proteger y recuperar dichos sitios y las especies vulnerables de los ecosistemas insulares. Esta es una zonificación ecológica estipulada en el “Plan de Manejo de la Reserva Marina de la Provincia de las Galápagos”, dispuesto en la Constitución de la República del Ecuador (Rueda, 2022).

De igual manera, el archipiélago cuenta con un Acuerdo Ministerial Nro. MAATE-2023-064 que oficializó el Calendario Pesquero 2023 – 2027 en la RMG, elaborado y aprobado de manera participativa por la Dirección del Parque Nacional Galápagos, el Sector Pesquero Artesanal de Galápagos, Organizaciones no gubernamentales y Asesores técnicos, con el fin de asegurar el ordenamiento y desarrollo sustentable de las pesquerías a través de medidas de manejo técnicamente responsables.

Encuestas

Los datos preliminares de la pesca del año 2024 fueron obtenidos a través de encuestas realizadas a los pescadores activos de langostino en las tres islas más pobladas de la

RMG: San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela. Basados en las encuestas del programa Parfish, se hizo un cuestionario (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) dirigido al conocimiento de los pescadores sobre la abundancia por individuos y el tiempo de pesca durante la temporada del langostino. Sólo aquellos pescadores que, voluntariamente, accedan a colaborar con dicha información fueron entrevistados. Para asegurarnos de este anonimato y de la protección de la información brindada por los pescadores, se obtuvo un permiso del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos (CEISH) perteneciente a la Universidad San Francisco de Quito, USFQ, con código de investigación 2024-063IN.

El proceso de encuesta tuvo una duración de tres semanas en total, realizadas a pescadores dispuestos a ser partícipes voluntariamente dentro de las tres islas más pobladas del archipiélago: Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela. Las preguntas se enfocaron en los años de experiencia que llevan pescando langostino, el número de individuos que capturaron durante la temporada de pesca actual, 2024, y la capturabilidad anterior, 2023, así como su percepción de la abundancia de la población en área virgen, que no haya sido nunca explotada, y su esfuerzo de pesca. Este esfuerzo de pesca fue medido en base a las noches de pesca por semana que salían a pescar, teniendo en cuenta que las noches de pesca rondan entre las 4 – 8 horas de buceo. También se realizaron preguntas dirigidas a la percepción del tiempo de recuperación de la abundancia de la especie y la captura mínima aceptable para la rentabilidad de cada pescador.

Análisis de datos - PARFISH

Los datos obtenidos en las encuestas se insertaron dentro del software Parfish. Este es un software de evaluación participativa de poblaciones de peces que utiliza el sistema estadístico bayesiano para evaluar de manera automatizada el estado de una población pesquera. Se basa en el modelo logístico de crecimiento de la biomasa de una especie

utilizando la información sobre la biomasa actual, la biomasa no explotada y la capturabilidad; datos obtenidos con las preguntas en las encuestas.

A pesar de ser una herramienta útil, el software tiene un enfoque perspectivo general que construye los antecedentes para los parámetros del modelo, por lo que para tener resultados más específicos es necesario obtener datos que puedan combinarse con otra información para proporcionar las mejores estimaciones. El programa tiene en cuenta explícitamente la incertidumbre de los datos y presenta los resultados como funciones de densidad de probabilidad (MRAG, 2024).

Monitoreo de campo: 2000 - 2023

El proyecto de captura y recaptura de los langostinos para el análisis de su biomasa fue liderado por Alex Hearn, profesor e investigador de la USFQ.

Esta investigación fue llevada a cabo en 14 islas de la RMG durante los años 2000-2004 seguidos con buceos de tanque (SCUBA), utilizado por los investigadores y algunos pescadores, y el buceo con Hooka, utilizado únicamente por los pescadores. Estos buceos fueron durante la noche, con profundidad promedio entre los 1 y 20 metros, transectos de 200 metros que duraban entre 20, 30 y 60 min, con un número de buzos que variaba entre 2 a 6 por noche.

Existen datos de los años 2005-2007 que son únicamente de las capturas y avistamientos de los pescadores de langostino (buceo con hooka), con buceos entre 4 y 95 minutos, en tan solo cinco islas. Finalmente, hay un lapso hasta el año 2022, con datos únicamente de los buceos con tanque y 2023 con datos en ambos tipos de buceo.

Análisis de datos - R y RStudio

Los resultados comparativos con datos de años anteriores se visualizaron utilizando algunos paquetes gráficos en RStudio como ggplot2, tidyverse, readxl etc; y análisis estadístico de Kruskal Wallis. Estas herramientas son utilizadas en este software de

lenguaje de programación para analizar los valores estadísticos e ilustrarlos en un box plot.

3. RESULTADOS

De los 122 pescadores de langostino en el archipiélago, se tuvo un alcance de 44 pescadores que accedieron a ser entrevistados dentro de las tres islas muestreadas, siendo 30 de la isla Santa Cruz, 10 de San Cristóbal y cuatro de Isabela. Los rangos de años de experiencia se categorizaron en cuatro: entre 3-10 años pescando, 11-20 años, 21-30 años y más de 31 años pescando langostino (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Las respuestas de los pescadores son, en su mayoría, similares indistintamente del rango de años de experiencia. Los datos obtenidos de las encuestas que se usaron para ingresar a Parfish se basaron en las preguntas sobre la cantidad de años que los pescadores llevan pescando, la captura total por individuo del año 2024 y 2023, el esfuerzo de pesca medido por noches de pesca y la percepción de los años de recuperación de abundancia de la especie para, con eso, obtener el gráfico de probabilidades de biomasa.

El esfuerzo habitual actual, 2024, de los pescadores promedia los tres días por semana, el esfuerzo habitual 2023 ronda los cuatro días por semana; la tasa de captura actual tiene un promedio de 101 individuos por noche, y la tasa de capturas del 2023 de 136 individuos por noche de pesca. Con esto, la mayoría de los pescadores indicaron que la tendencia de las capturas ha empeorado a través del tiempo en sus sitios de pesca. Luego, los pescadores respondieron a la pregunta hipotética de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) posibles que tendrían en un área virgen, donde los números variaban entre mínimo 150 y máximo 2000 individuos. Y, al analizar las respuestas sobre la percepción del tiempo de recuperación de la especie, el promedio fue de cuatro años hasta que la especie vuelva a su estado poblacional original.

En la Figura 1 se observa tanto a la función de densidad de probabilidad (Probability Density Function, PDF) como a la frecuencia observada con los picos de valores de

biomasa actual (B_{now}) entre 0.1 y 0.4, con una probabilidad de ocurrencia del 80 y 95%, mientras que los valores más altos, alcanzando hasta 0.9 son regiones con menos probabilidad de ocurrencia.

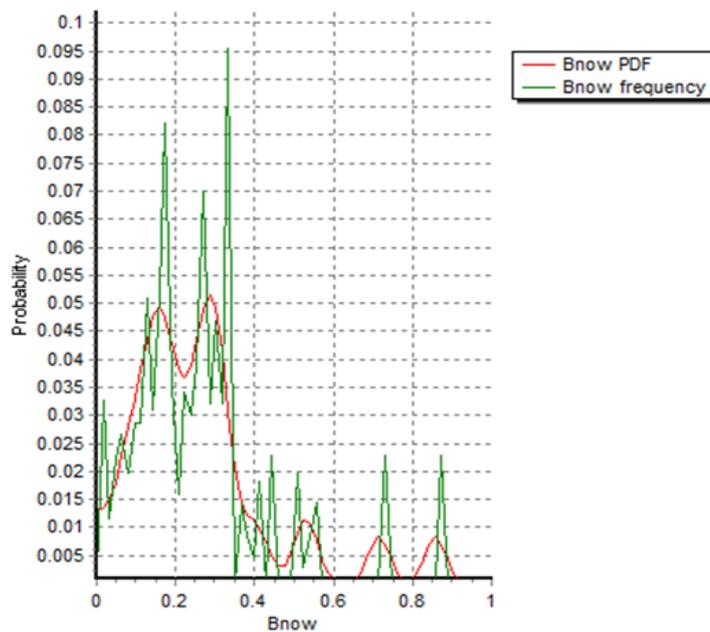


Figura 1: Probabilidad de distribución de la biomasa actual

Como complemento, se analizaron gráficos de la probabilidad de distribución de biomasa asintótica, la tasa de crecimiento intrínseco y el coeficiente de capturabilidad. La biomasa asintótica es aquel valor máximo al que la biomasa poblacional podría teóricamente alcanzar bajo condiciones ideales. Para esto, se utilizaron los datos encuestados de las percepciones de los pescadores sobre la abundancia poblacional en un área pristina, con lo que la Figura 2 demuestra la escala logarítmica con valores entre aproximadamente 3.2×10^7 y 1.6×10^8 , con la mayor probabilidad de la densidad o frecuencia estando concentrada en los niveles más bajos.

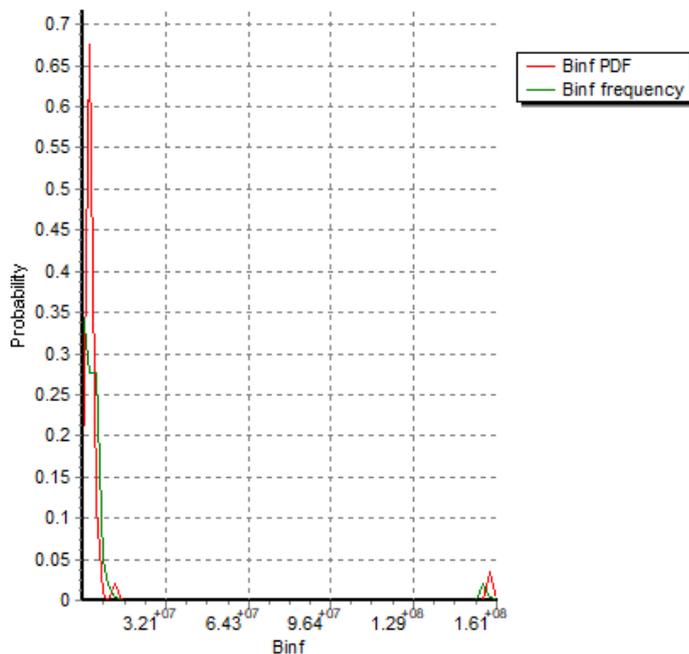


Figura 2: Probabilidad de distribución de la biomasa asintótica

Para sustentar estos resultados probabilísticos, se analizó las respuestas perceptivas de los pescadores acerca de la abundancia actual en comparación a años anteriores. La gran mayoría, indistintamente de la experiencia, indicó que la abundancia poblacional ha disminuido, haciendo que las capturas hayan empeorado (Figura 3).

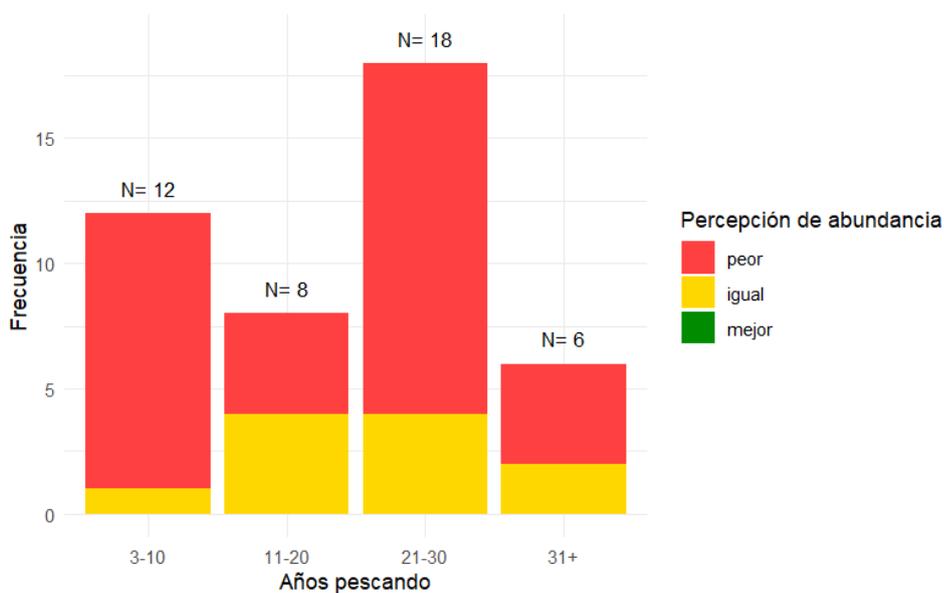


Figura 3: Percepción de abundancia poblacional

A raíz de esto, se examinó la rentabilidad de la pesca del langostino, de igual manera, según las percepciones de los pescadores. Indicaron, en número de individuos, cuánto capturaron en la temporada actual 2024 y, cuánto es el mínimo aceptable de pesca por noche para que les sea rentable. Esto se ve representado en la Figura 4, donde la línea negra cortada indica rentabilidad 0 y se compara las capturas actuales 2024 con la captura mínima considerada aceptable para cada pescador encuestado y categorizado por años de experiencia.

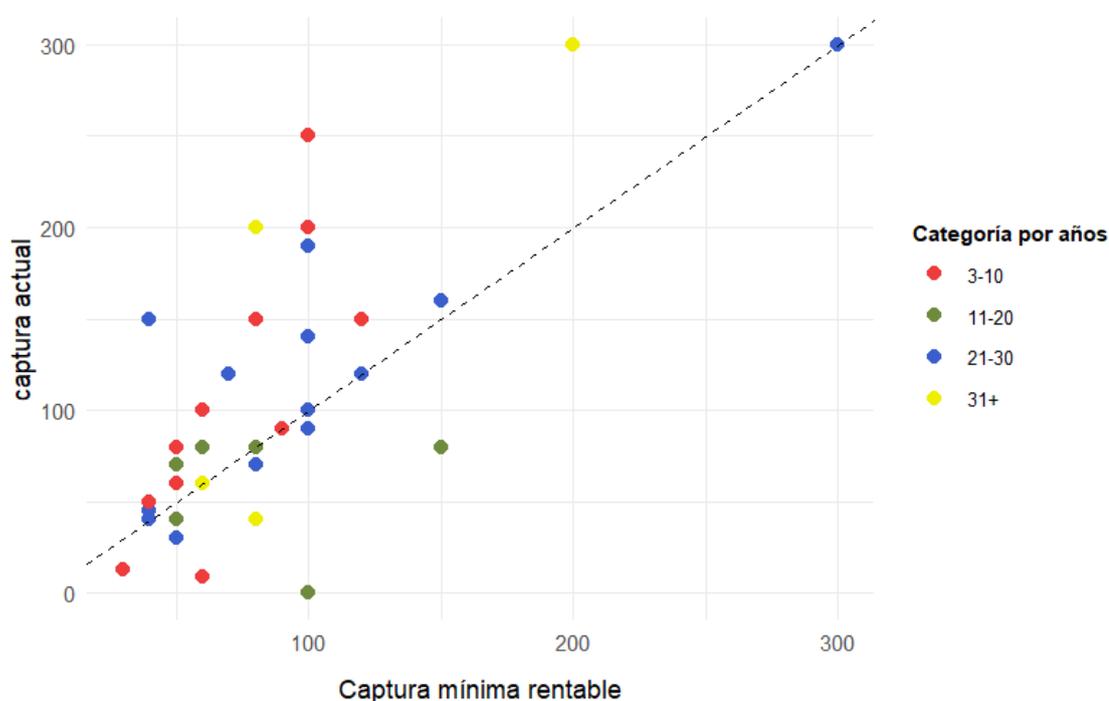


Figura 4: Rentabilidad de la pesca de langostino

Asimismo, se evaluó la variación de las capturas pasadas 2023, con las capturas actuales 2024, donde con un boxplot en la Figura 5 se observa de manera general una clara disminución en las capturas actuales. También se realizó el test de Kruskal Wallis en R para observar si la diferencia de las capturas entre los dos años en cada isla fue significativa.

En la isla Isabela, las capturas del 2023 presentan una mediana más alta en comparación con 2024, con un valor de $p = 0.38647623$. La isla San Cristóbal, de la misma manera presenta una mediana de las capturas del 2023 considerablemente más alta con mayor mediana y amplitud en la distribución en comparación con las capturas del 2024, donde las capturas son menores y más concentradas, con su valor de p siendo 0.04825775 . Por último, en la isla Santa Cruz también disminuyeron las capturas y la mediana 2024 es menor a la del 2023, con rangos de captura solapados y valor de $p = 0.07027657$.

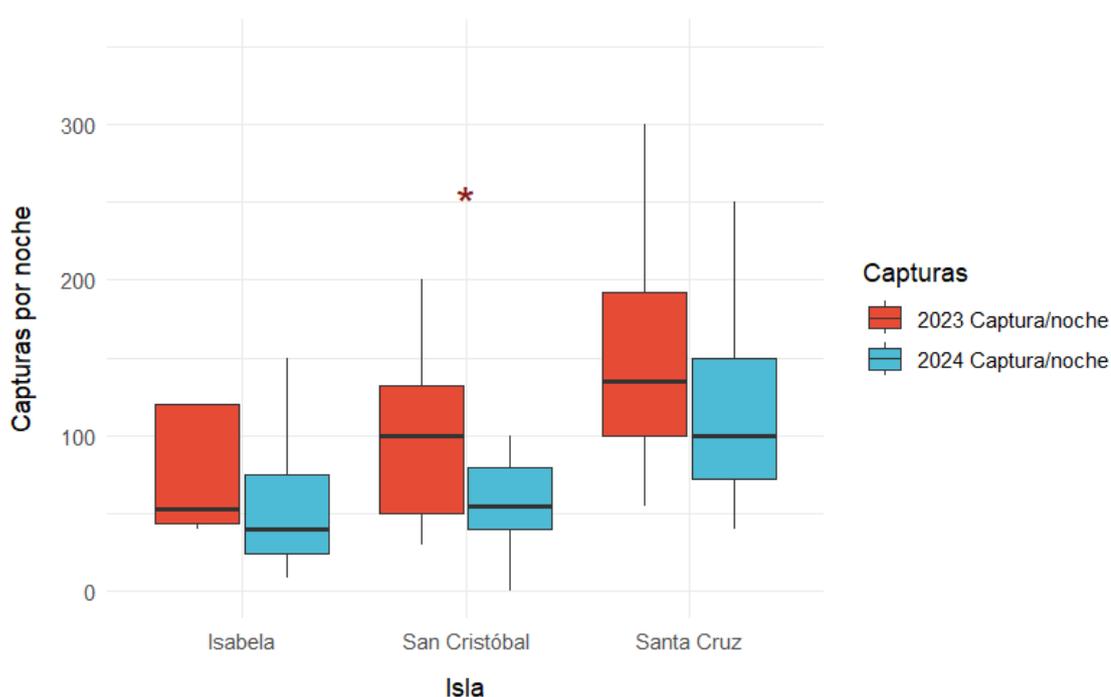


Figura 5: Variación de capturas 2023 vs capturas 2024 por isla

Finalmente, con estos resultados obtenidos de las encuestas, se hizo una comparación con la base de datos del monitoreo de campo llevado a cabo desde el año 2000 al 2023, analizando también las diferencias con el test de Kruskal Wallis. La Figura 6 demuestra la comparación del CPUE (Captura Por Unidad de Esfuerzo) entre dos periodos en tres islas. Estos periodos fueron divididos en antes (2000-2007), representado en el boxplot de color azul con puntos de dispersión rojo, y después (2022-2023), presentes de color verde con puntos de dispersión azules. Y, los asteriscos color rojo representan aquellos datos que presentan una diferencia significativa.

El CPUE en el periodo “Después” en la isla Isabela es considerablemente mayor, con una mediana alrededor de 25 capturas por unidad de esfuerzo y una amplia dispersión. Por otro lado, el periodo “Antes” muestra valores de CPUE muy bajos, con una mediana cercana a cero y el valor de p para esta isla fue de $8.070667e-07$. En contraste, la isla San Cristóbal no presenta resultados para el periodo “Después”, sin embargo, los valores de CPUE para el periodo “Antes” se encuentran muy bajos y con pocos valores dispersos. La isla Santa Cruz, a diferencia de Isabela, presenta valores bajos no sólo en el periodo de “Antes”, sino también en el periodo “Después”, aunque este muestra una ligera tendencia al alza en la mediana y un valor de p de $3.113840e-03$.

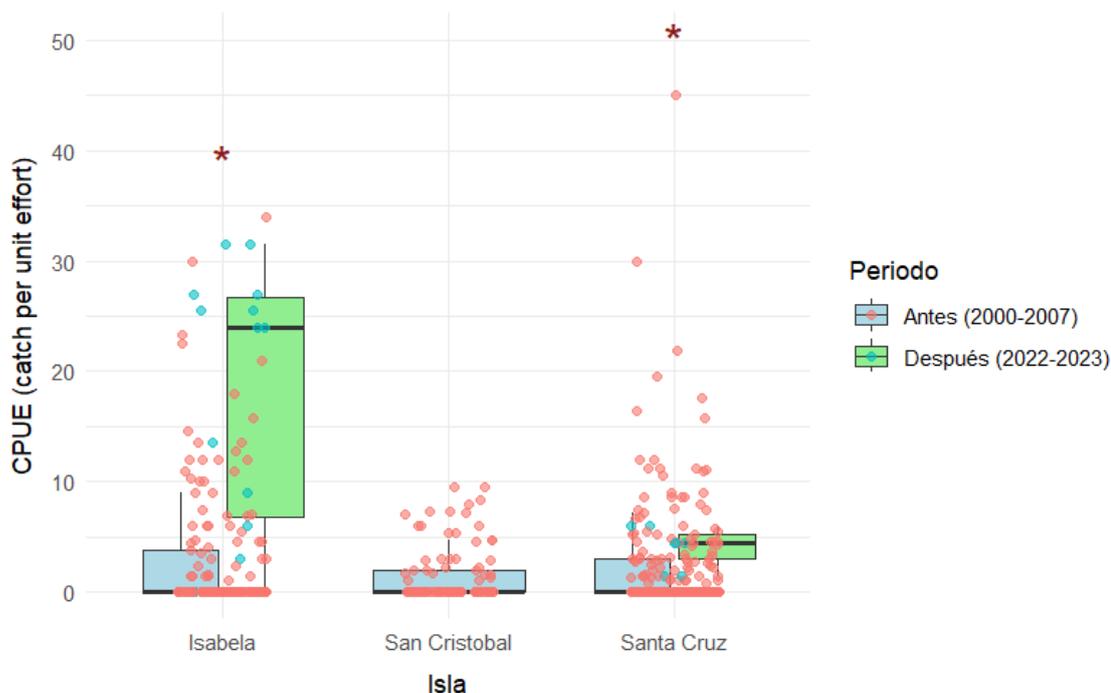


Figura 6: Análisis de capturas por unidad de esfuerzo entre 2000-2023 por isla

Cabe destacar que la distribución de los valores de las capturas del periodo “Antes” se encuentran, en su mayoría, en cero y con mayor número de datos en comparación al periodo “Después”. De igual manera, señalar la ausencia de recolección de datos para el periodo de “Después” en la isla San Cristóbal.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con datos de las encuestas reflejan una tendencia generalizada de disminución en las capturas del langostino o langosta china en el archipiélago de las Galápagos, respaldada tanto por las percepciones de los pescadores como por los análisis cuantitativos realizados. Por lo contrario, los datos de CPUE del proyecto de marcaje y recaptura demuestran lo contrario, que la abundancia poblacional ha aumentado en los últimos años. Esta situación plantea serias implicaciones para la sostenibilidad de la pesquería y la rentabilidad económica de los pescadores locales.

La Figura 1, al mostrar que el Bnow se encuentra en niveles bajos de su capacidad máxima poblacional y que hay una escasa probabilidad de tener valores superiores a 0.6 (Medley, 2009), pueden ser indicativos de sobreexplotación (Hilborn & Walters, 1992) y sugiere que factores como la sobrepesca o la presión ambiental están limitando su recuperación (Froese et al., 2019). Asimismo, la Figura 2 representa los índices de biomasa asintótica concentrados a niveles bajos, lo que podría sugerir cambios en el ecosistema marino o una reducción de tallas y de reclutamiento de juveniles debido a la disminución de la población reproductora, como se ha observado previamente en pesquerías de crustáceos sobreexplotadas (Orensanz et al., 2006).

Con respecto a la rentabilidad de la pesca de langostino, Figura 4, algunas de las capturas actuales (2024) están por debajo del mínimo aceptable, haciendo de esta una pesca poco rentable. Estos hallazgos son coherentes con estudios previos donde la sobreexplotación tiende a reducir la rentabilidad porque disminuyen las densidades poblacionales y aumenta el esfuerzo de pesca requerido (FAO, 2020). El problema con esto es que, como menciona Hilborn et al. (2005), cuando las capturas caen por debajo del umbral de rentabilidad, los pescadores suelen recurrir a prácticas no sostenibles como la pesca ilegal, exacerbando el problema o tienen que suplementar con pescas de otras especies.

En la comparación de las capturas entre 2023 y 2024, Figura 5, se revela una disminución con valores de p significativos en la isla San Cristóbal y una tendencia similar en Santa Cruz e Isabela, aunque sin diferencias significativas. Estudios similares han demostrado que la disminución constante de las capturas en las pesquerías es un indicador temprano de sobreexplotación (Pauly, 2000). En San Cristóbal, la disminución significativa podría relacionarse con un aumento en la presión pesquera en años recientes. En Santa Cruz e Isabela, aunque no tengan diferencias significativas en las capturas, la tendencia decreciente sugiere un agotamiento progresivo de la población, tal y como ha ocurrido en crustáceos de otras regiones señalado por (Orensanz et al., 2006). Entonces, la única isla con diferencias significativas entre las capturas de individuos por noche en 2023 y 2024 es San Cristóbal. Esto podría deberse a la reducción de la abundancia de la especie objetivo, cambios en la presión pesquera, cambios en las condiciones ambientales o restricciones de manejo implementadas en el 2024, pero de acuerdo con el calendario pesquero quinquenal establecido por el acuerdo ministerial para el 2023-2027 donde disponen la comercialización de la especie con un objetivo de ampliarlo a nivel internacional, se puede inferir que la razón más coherente es la disminución de la biomasa poblacional.

Finalmente, con los datos del monitoreo de campo ilustrados en la Figura 6 se esperaba sustentar la disminución de la abundancia en los últimos años. Sin embargo, el análisis indica un aumento del CPUE en el periodo reciente, que podría indicar una recuperación de la población objetivo. En la isla Isabela el valor de p indica una diferencia significativa entre los dos periodos, sugiriendo que en esta isla puede existir una mejora en la eficiencia de captura y técnicas de pesca, en lugar de una recuperación real de la población (Jennings & Kaiser, 1998). En la isla Santa Cruz, igualmente, el valor estadístico p indica una diferencia significativa entre los datos de ambos periodos, pero con una consistencia en

niveles bajos. Con esto, estudios sugieren que una presión continua de pesca puede mantener a las poblaciones en niveles bajos, limitando su capacidad de recuperación (Caddy & Seijo, 2005). En cambio, en la isla San Cristóbal, no se observa diferencia significativa, lo que debería sugerir una población estable, pero esto no es así. Para esta isla no existen datos para el periodo “Después”, es decir, no hubieron salidas para cuantificar los individuos capturados durante esos años en los sitios de pesca de esta isla. Entonces, sin estos datos recientes, no se puede hacer un análisis adecuado debido a este lapso en la toma de datos y limita la capacidad para analizar tendencias y entender su situación actual (FAO, 2020). Estos resultados no rechazan los anteriores, sino que incita a realizar un mejoramiento al monitoreo y esfuerzo hacia la pesca y marcaje de los individuos para obtener un mejor censo.

5. CONCLUSIONES

La evidencia sugiere una disminución en la abundancia poblacional de los langostinos. Las tendencias del CPUE en Isabela y Santa Cruz y la falta de datos para San Cristóbal resaltan una necesidad urgente de medidas de manejo y monitoreo sostenibles. Es fundamental también investigar las causas detrás de las diferencias de capturas entre el 2023 y 2024 para entender mejor el impacto en la pesquería y tomar medidas de manejo adecuadas. La combinación de estos datos cuantitativos y percepciones de los pescadores sugiere que la pesquería de langostinos en Galápagos enfrenta desafíos importantes como la sobreexplotación, evidenciada por la baja biomasa actual y el descenso en las capturas; así también está el desafío de la presión económica, donde la falta de rentabilidad incentiva prácticas de pesca no sostenibles, y la falta de datos, la cual dificulta la evaluación del estado poblacional de manera eficiente.

Se recomienda reforzar la recopilación de datos haciendo un monitoreo continuo a nivel de recurso, mejorando también el monitoreo de desembarque y realizar censos a mayor escala. De igual manera, implementar vedas temporales y zonas de exclusión pesquera como medida de manejo sostenible. Sería de gran importancia ofrecer alternativas económicas a los pescadores para reducir la presión sobre los langostinos e involucrar a los pescadores en estrategias de manejo participativo. Para culminar, es fundamental replantearse los mercados externos internacionales y centrarse en el consumo local con un valor agregado al producto por ser consumido únicamente en Galápagos.

6. REFERENCIAS

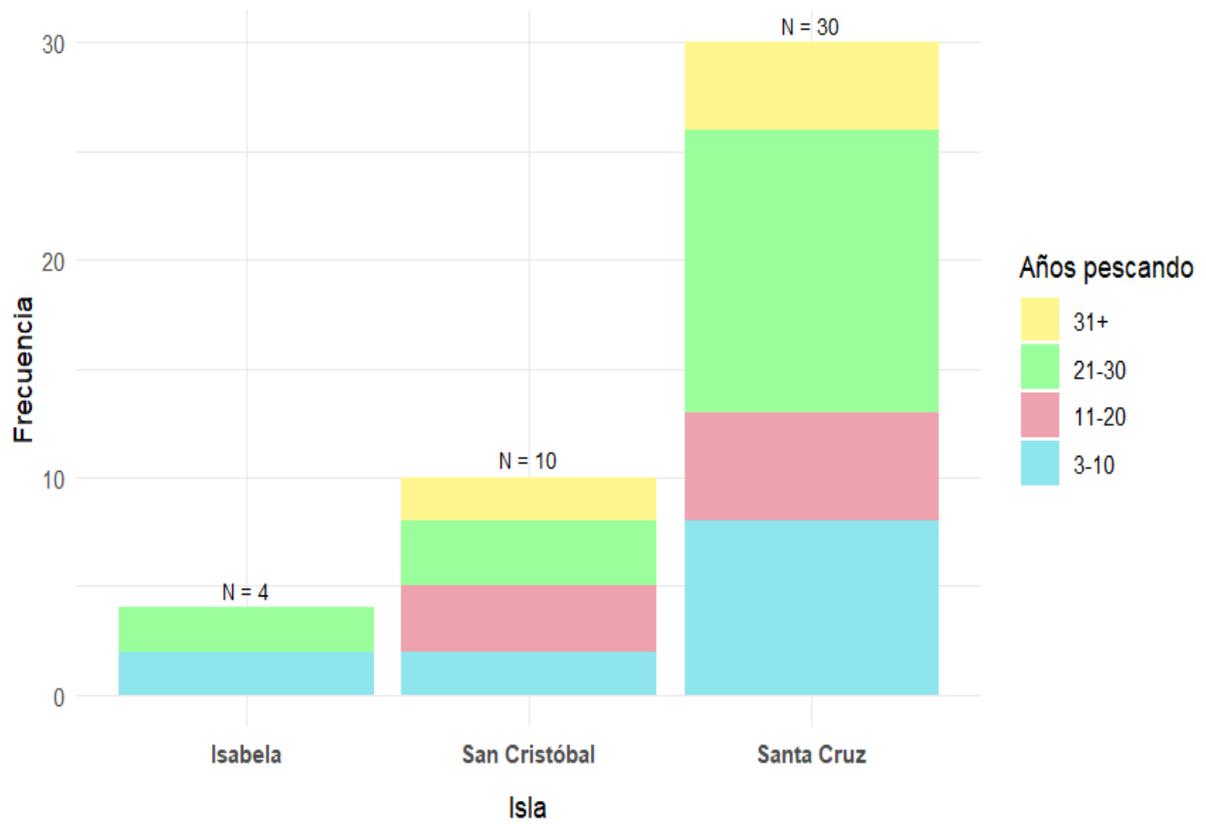
- Azofeifa-Solano, J. C., Fourri re, M., & Horgan, P. (2016). First record of an adult Galapagos slipper lobster, *Scyllarides astori*, (Decapoda, Scyllaridae) from Isla del Coco, Eastern Tropical Pacific. *Marine Biodiversity Records*, 9(1), 48.
<https://doi.org/10.1186/s41200-016-0030-9>
- Caddy, J. F., & Seijo, J. C. (2005). This is more difficult than we thought! The responsibility of scientists, managers and stakeholders to mitigate the unsustainability of marine fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453), 59-75.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1567>
- Carbajal-López, A., Rosende-Pereiro, A., & Corgos, A. (2017). First record and range extension of the Galapagos slipper lobster, *Scyllarides astori* (Decapoda, Scyllaridae) in the central Pacific coast of Mexico mainland. *Zootaxa*, 4277(2).
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.10>
- Cárdenas, S. A., & Lew, D. K. (2016). Factors Influencing Willingness to Donate to Marine Endangered Species Recovery in the Galapagos National Park, Ecuador. *Frontiers in Marine Science*, 3. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00060>
- Chow, S., Bakker, P. A. J., Sato, T., Matsunaga, H., Takeyama, H., & Yanagimoto, T. (2024). *Cryptic diversity of the slipper lobster genus Scyllarides (Crustacea: Decapoda: Scyllaridae) in the Pacific* (No. 0). Aquos Institute.
https://doi.org/10.34394/aquaticanimals.2024.0_AA2024-23
- CMAR - Corredor Marino del Pacífico Este Tropical. (2024). *Parque Nacional y Reserva Marina de Galápagos | Corredor Marino del Pacífico Este Tropical*.
<https://www.cmarpacifico.org/donde-trabajamos/areas-nucleo/parque-nacional-y-reserva-marina-de-galapagos>

- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. (2016). *Pescadores de Galápagos cuentan con nuevo calendario pesquero – Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos*.
<https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/pescadores-de-galapagos-cuentan-con-nuevo-calendario-pesquero/>
- Defeo, O., & Castilla, J. C. (2005). More than one bag for the world fishery crisis and keys for comanagement successes in selected artisanal Latin American shellfisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15, 265-283.
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Publications.
<https://doi.org/10.4060/cd0690es>
- FAO. (2023). *Acuerdo Ministerial N° MAATE-2023-064 – Establece el Calendario Pesquero 2023–2027 en la Reserva Marina de Galápagos*. | FAOLEX.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC220857/>
- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A. C., Dimarchopoulou, D., Scarcella, G., Probst, W. N., Dureuil, M., & Pauly, D. (2019). A new approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*, 76(1), 350-351. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy139>
- Hearn, A. (2006). Life history of the slipper lobster *Scyllarides astori* Holthuis 1960, in the Galapagos islands, Ecuador. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 328(1), 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.06.021>
- Hearn, A., Toral-Granda, V., Martinez, C., & Reck, G. (2007). Biology and Fishery of the Galapagos Slipper Lobster. En *The Biology and Fisheries of the Slipper Lobster* (K. Lavalli & E. Spanier, p. 287). CRC Press.

- Hickman, C. P., & Zimmerman, T. L. (2000). *A field guide to crustaceans of Galapagos: An illustrated guidebook to the common barnacles, shrimps, lobsters, and crabs of the Galápagos Islands*.
- Hilborn, R., Orensanz, J. M. (Lobo), & Parma, A. M. (2005). Institutions, incentives and the future of fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453), 47-57. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1569>
- Hilborn, R., & Walters, C. J. (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3598-0>
- Holthuis, L. B. (1985). A REVISION OF THE FAMILY SCYLLARIDAE (CRUSTACEA DECAPODA MACRURA). I. SUBFAMILY IBACINAE. *Zoologische Verhandelingen*, 218(1), 1-130.
- Holthuis, L. B. (1991). *FAO species catalogue. Vol.13. Marine Lobsters of the World. An annotated and illustrated catalogue of marine lobsters known to date*. <https://www.fao.org/4/t0411e/t0411e00.htm>
- IUCN. (2009). *Scyllarides astori: Butler, M., Cockcroft, A. & MacDiarmid, A.: The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T170020A6709551* [Dataset]. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-1.RLTS.T170020A6709551.en>
- Jennings, S., & Kaiser, M. J. (1998). The Effects of Fishing on Marine Ecosystems. En *Advances in Marine Biology* (Vol. 34, pp. 201-352). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60212-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60212-6)
- Lalancette, A. (2008). *Documenting Fishermen's Knowledge in the Galapagos Marine Reserve: The Lobster Fisheries*.
- Lavalli, K., & Spanier, E. (2007). Introduction to the Biology and Fisheries of Slipper Lobsters. En *The Biology and Fisheries of the Slipper Lobster* (K. Lavalli&E. Spanier, p. 3). CRC Press.

- Lavalli, K., Spanier, E., & Grasso, F. (2007). Behavior and Sensory Biology of Slipper Lobsters. En *The Biology and Fisheries of the Slipper Lobster* (K. Lavalli & E. Spanier, p. 133). CRC Press.
- Martinez, C., Toral, M., & Edgar, G. (2002). Langostino. En *Reserva Marina de Galápagos: Línea Base de la Biodiversidad* (Danulat E and GJ Edgar, eds., pp. 222-237). Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos.
- Medley, P. A. H. (2009). *Tools to Conduct a Participatory Fishery (ParFish) Assessment Using Bayesian Decision Analysis*.
- Melo, F. J. F.-R., Díaz-Mora, E., Mora, M. P. L., Hernández-Velasco, A., & Ayala-Bocos, A. (2021). Northernmost occurrence and geographic distribution of *Scyllarides astori* Holthuis, 1960 (Scyllaridae) in the Eastern Tropical Pacific. *Nauplius*, 29, e2021045. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2021045>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Parque Nacional Galápagos*. Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/parque-nacional-gal%C3%A1pagos>
- MRAG. (2024). *ParFish Version 2.0* | MRAG. <https://mrag.co.uk/resources/parfish-version-20>
- Okey, T., Banks, S., Born, A., Bustamante, R., Calvopiña, M., Graham, E., Espinoza, E., & Fariña, J. M. (2004). A trophic model of a Galápagos subtidal rocky reef for evaluating fisheries and conservation strategies. *Ecological Modelling*, 172(2-4), 383-401. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.09.019>
- Orensanz, J. M., Parma, A. M., Turk, T., & Valero, J. (2006). Chapter 14 Dynamics, assessment and management of exploited natural populations. En *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (Vol. 35, pp. 765-868). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0167-9309\(06\)80041-4](https://doi.org/10.1016/S0167-9309(06)80041-4)

- Pauly, D. (2000). Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 697-706.
<https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0726>
- Rueda, D. (2022). *RESOLUCIÓN No. 0000068*. <https://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/2022/10/RESOLUCION-0000068.pdf>
- Snell, H. M., Stone, P. A., & Snell, H. L. (1996). A summary of geographical characteristics of the Galapagos Islands. *Journal of Biogeography*, 23(5), 619-624. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.1996.tb00022.x>
- Sonnenholzner, J., Ladah, L., & Lafferty, K. (2009). Cascading effects of fishing on Galapagos rocky reef communities: Reanalysis using corrected data. *Marine Ecology Progress Series*, 375, 209-218. <https://doi.org/10.3354/meps07890>
- Stahl, P. W., Astudillo, F. J., Jamieson, R. W., Quiroga, D., Delgado, F., & Thompson, V. D. (2020). *Historical ecology and archaeology in the Galápagos Islands: A legacy of human occupation*. University Press of Florida.
- Webber, R., & Booth, J. (2007). Taxonomy and Evolution. En *The Biology and Fisheries of the Slipper Lobster* (K. Lavalli & E. Spanier, p. 25). CRC Press.

Anexo A: Alcance de encuestas por isla

Anexo B: Encuesta

Evaluación del estado del langostino *Scyllarides astori* en la Reserva Marina de Galápagos

Información de fondo

ID del guía		Fecha	
Isla		Entrevistador	

Unidades

Esfuerzo	noche de pesca (cuantas hrs/noche y si cambió)
captura	# de individuos pescados
tiempo	mes

Introducción

Actualmente hay una brecha de información acerca del tamaño poblacional del langostino de Galápagos y los impactos pesqueros y ambientales hacia esta especie. Al ser una especie endémica regional, es importante conocer estos datos para poder generar mayor conocimiento y conciencia para su buen manejo de conservación. Asimismo, se debe conocer el estado de la población para posteriormente analizar un posible impacto en la red trófica y en su ecología ambiental.

Preguntas	Respuestas	Comentarios /Notas
1. Importancia: cuántos años lleva pescando langostino?		
2. Tipo de pesca: al salir a pescar, cuál es su método de captura?		
3. Esfuerzo habitual actual: en la ultima temporada, cuántas veces a la semana sale a pescar (o cuantas noches en total)?		

<p>4. Esfuerzo habitual actual 2023: en la temporada 2023, cuántas veces a la semana sale a pescar (o cuantas noches en total)?</p>		
<p>5. Tasa de captura actual: cuanto pesco por noche en esta temporada actual (en unidades y/o por peso)?</p>		
<p>6. Tendencia de capturas: Cómo ha visto su captura de los langostinos a través del tiempo en sus sitios de pesca?</p>	<p>igual:</p>	<p>mejor o peor:</p>
<p>7. Captura pasada: Si es que las capturas han cambiado, cuanto pescaba por noche en 2023?</p>		
<p>8. CPUE en área virgen: Si fuese a extraer langostinos en un área nunca antes intervenida, cuántos cree que capturaría por noche?</p>	<p>Min:</p>	<p>Max:</p>
<p>9. Recuperación: Si todos dejaran de pescar a esta especie en una zona, en cuánto tiempo cree que volvería a su estado original?</p>		
<p>10. Percepción del esfuerzo pesquero total: usted cree que el esfuerzo total de pesca para esta especie es demasiado alto, bajo o lo justo?</p>		
<p>11. Tasa mínima de individuos aceptable por unidad de esfuerzo: cual es la minima captura por noche que necesitas para que valga la pena seguir pescando langostinos o mejor hacer otra cosa o quedarse en casa?</p>		

<p>12. Tasa mínima de captura aceptable por unidad de tiempo: cuál es la mínima captura por mes que esperaría para seguir activo en la pesquería o decidir hacer otra cosa?</p>		
<p>13. Tasa máxima de captura:Cuál es la máxima captura por noche que tiene la capacidad de obtener? (horas de sumergido).</p>		
<p>14. Esfuerzo máximo posible: Durante la temporada de pesca, cuál es el máximo de noches de pesca que usted realísticamente podría realizar en un mes?</p>		
<p>15. Remuneración por pesca (opcional): A cuánto se vendió el langostino en esta temporada?</p>		
<p>16. Variación de precios: Los precios de venta del langostino han cambiado en los últimos años?</p>	<p>igual:</p>	<p>subido o bajado:</p>
<p>17. Precios pasados: Si es posible, podría indicarme cuánto costó el langostino en años anteriores? (año y precio)</p>		
<p>18. Mercado: los langostinos extraídos de qué manera los comercializa? (Consumo local, personal o exportación. Con porcentajes si es posible)</p>		
<p>19. Percepción turística: crees que el langostino es una especie turísticamente atractiva? Si no lo es, podría llegar a serlo?</p>		
<p>20. Aprovechamiento turístico: Como podríamos mejorar el aprovechamiento del langostino como producto galapagueño en el mercado turístico local?</p>		