



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ**

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

**INDICADORES BIOLÓGICO-PESQUEROS DE LA LANGOSTA
VERDE *PANULIRUS GRACILIS* EN LA RESERVA MARINA
GALERA-SAN FRANCISCO, ESMERALDAS-ECUADOR**

PREVIO AL TÍTULO DE:

BIÓLOGA MARINA

AUTOR DE LA INVESTIGACIÓN:

ANTONELLA GUDIÑO MOSQUERA

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

EVELYN VIRGINIA ARIAS CEDEÑO M. Sc.

JUNIO, 2022

ESMERALDAS – ECUADOR

Certificación

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Evelyn Virginia Arias Cedeño, M. Sc.

Director del trabajo de titulación

CI:

Aprobación del tribunal

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Francisco Hernán Pozo Miranda, M. Sc.

Iván Loor Santana, M. Sc.

Evelyn Virginia Arias Cedeño, M. Sc.

Bahía de Caráquez, junio de 2022

Declaración de originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Antonella Gudiño Mosquera

CI: 080347981-5

Teléfono: 098-525-3773

antonella.gm2014@gmail.com

Declaración de derechos de autor y co-autoría

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Antonella Gudiño Mosquera

CI: 080347981-5

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas las personas que despertaron en mí la curiosidad de entender la vida con las cosas más comunes dejando al descubierto el mundo de la biología para poder explorarlo. A mi mamá y hermanas por creer en mí siempre y darme la confianza para alcanzar las metas que me he propuesto. A mis maestros por proporcionar una parte de sus conocimientos para poder fortalecer los míos.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más grande agradecimiento y reconocimiento a mi director de trabajo de titulación, el Prof. Juan Carlos Murillo Posada, por su guía y paciencia durante el desarrollo de mi tesis, quien poseía buenas recomendaciones y se mantuvo positivo. Debo señalar que el trabajo del Prof. Juan Carlos ha sido de inspiración para mí.

Agradezco a María Cecilia Terán y Juan Carlos Medina por facilitarme la obtención de la base de datos del periodo 2009-2017. Al Instituto NAZCA de investigaciones marinas por proporcionarme la base de datos. También agradezco a los pescadores artesanales de langosta de la Reserva marina Galera San Francisco por permitirme trabajar en sus embarcaciones y mantenerse comprometidos durante los monitoreos.

Especial gratitud a Felipe Campos por guiarme en la decisión de realizar este estudio y tener siempre las palabras adecuadas para mí cuando las dudas no me dejaban pensar con claridad. También estoy enormemente agradecida con Ben y Lía a quienes considero mis ángeles por creer y confiar en mí y estar siempre interesados en mi proceso académico, gracias a ustedes porque sin su apoyo no habría llegado hasta aquí.

A Soledad Luna, Dirk Riebensahm, Anikka Mackensen, nuevamente a María Cecilia Terán y Felipe Campos porque sin querer me involucraron en sus investigaciones increíbles desde temprana edad, me hicieron parte de la creación de la Reserva Marina Galera San Francisco y nutrieron mis ganas de ser una gran científica.

Agradezco infinitamente a mis padres por guiar mis pasos y confiar en mis decisiones, a mi mamá especialmente por ser el ejemplo que me motiva a seguir adelante, porque sé que mis logros también son los suyos y que dentro de sus grandes sueños, el verme convertida en una gran mujer y profesional es lo que la llena de orgullo. A mis hermanas que siempre me hacen

sentir capaz de cualquier cosa en especial a mi hermana Gaby por ser el espejo en el que me veo reflejada.

Gracias a mis amigas Andreina, Karlita, Vielka y Leidy que siempre estuvieron ahí para darme ánimos en mis momentos de crisis y bajones, gracias por su amistad y sinceridad, por hacerme sentir querida, entendida y apreciada y sobre todo por nunca hacerme sentir sola en estos años lejos de casa.

Gracias Andrés por poner tanto amor en mi vida, por elogiar mi inteligencia, por la dedicación que le has puesto en ayudarme a superar y por elegir ser parte de mi vida. Gracias por que con tu amor y paciencia me has motivado a desafiar mis capacidades y has sido mi compañero en este pequeño tramo del camino.

Resumen

Este trabajo de investigación de tipo cuantitativo estableció mediante indicadores biológico-pesqueros el estado del recurso langosta verde *Panulirus gracilis*, capturada en la Reserva Marina Galera San Francisco (RMG-SF) en Esmeraldas, dada su gran importancia ecológica y económica para Ecuador, al formar parte de las principales pesquerías de las que dependen muchos pescadores artesanales; sin embargo, este recurso no es manejado correctamente. Así, en este estudio de alcance explicativo, las bases de datos biométricos de longitud total (LT) y del cefalotórax (LC) mantuvieron dos fuentes; una proporcionada por el Instituto Nazca de Investigaciones Marinas periodo 2009-2017, y otra mediante datos *in situ* recolectados en monitoreos realizados desde noviembre de 2021 hasta enero de 2022, analizándose un total de 1973 langostas. Los resultados de captura por unidad de esfuerzo presentan una mediana de 11 individuos por día, igual que en 2009 y 2010. El índice de reclutamiento presenta diferencias significativas entre años (*Kruskal Wallis*; $P= 0.0001747$) y comportamiento cíclico, no observándose pulsos sobresalientes durante el periodo estudiado. La talla de madurez sexual es 6,04 LC; la proporción sexual de captura indica que se han capturado 58% de machos y 42% de hembras, de las cuales el 1,3% está por arriba de la talla de madurez sexual, y en machos el 1,7%. En conclusión, la alta presión pesquera sobre la población de reclutas y pre-adultos evita la renovación adecuada de la población, siendo capturadas antes de que las langostas lleguen a su talla de madurez sexual.

Palabras clave: *Panulirus gracilis*, indicadores pesqueros, índice de reclutamiento, índice de captura, RMG-SF

Abstract

This quantitative research study determined the status of the green spiny lobster *Panulirus gracilis* resource using biological-fishery indicators, caught in the *Reserva Marina Galera San Francisco (RMG-SF*, for its initials in Spanish) in Esmeraldas, given its great ecological and economic importance to Ecuador, as it is part of the main fisheries on which many artisanal fishermen depend; however, this resource is not correctly managed. Hence, in this explanatory research study, biometric databases of total length (TL) and cephalothorax (CT) had two different sources; the first one provided by Nazca Institute for Marine Research for the period 2009-2017; and the second one collected through in-situ monitoring data carried out from November 2021 through January 2022, analyzing a total of 1,973 lobsters. The findings from catch per unit effort present a median of 11 individuals per day, just the same as in 2009 and 2010. The recruitment index presents significant differences among years (Kruskal Wallis; $P= 0.0001747$) and cyclic behavior, without observing outstanding pulses during the period under study. The size at sexual maturity is 6.04 CL; capture rates and sex ratios correspond to 58% of males and 42% of females, of which 1.3% are above the size at sexual maturity, while in males correspond to 1.7%. In conclusion, high fishing pressure on the population of recruits and pre-adults prevents lobster population from having an adequate renewal process, as they are captured before reaching their size at sexual maturity.

Keywords: Panulirus gracilis, fishery indicators, recruitment index, catch rate, RMG-SF

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	14
2. METODOLOGÍA	17
2.1. Área de estudio.....	17
2.2. Toma de datos.....	18
2.3. Análisis de la información.....	19
2.3.1. <i>Para evaluar la abundancia relativa y la talla</i>	19
2.3.2. <i>El reclutamiento al área de pesca</i>	19
2.3.3. <i>Cálculo de la talla de madurez sexual</i>	20
3. RESULTADOS	21
3.1. Distribución de la variable CPUE.....	21
3.2. CPUE como variable de abundancia relativa.....	22
3.3. Reclutamiento.....	24
3.4. Indicadores reproductivos.....	26
3.5. Indicadores de tallas.....	28
4. DISCUSIÓN	32
4.1. Índice de Abundancia.....	32
4.2. Índice de Reclutamiento.....	33
4.3. Indicadores reproductivos.....	35
4.4. Proporción de pesca.....	37
4.5. Tallas de captura.....	37
5. CONCLUSIÓN	39
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la CPUE (Ind./pescador/*día) en los periodos de pesca	23
Tabla 2. Comparación entre PERIODOS de la CPUE, realizado por el método Benferroni. Se utilizó la función Dunn.test del programa estadístico de R	24
Tabla 3. Estadísticos descriptivos del índice de reclutamiento en los periodos de pesca	25
Tabla 4. Comparación del índice de reclutamiento entre períodos, realizado por el método Benferroni. Se utilizó la función Dunn.test del programa estadístico de R	25
Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia de encuentro de hembras maduras en diferentes tallas de <i>P. gracilis</i> . Cálculo realizado con la función predict de la paquetería Stats del programa estadístico R	27
Tabla 6. Proporción sexual en la captura de <i>P. gracilis</i> según los años de monitoreo	27
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la Longitud de cefalotórax en <i>P. gracilis</i>	29
Tabla 8. Porcentaje de capturas de <i>P. gracilis</i> es fase maduros, reclutas y pre-adultos según los años de monitoreo	30
Tabla 9. Estadísticos descriptivos de la Longitud de cefalotórax en <i>P. gracilis</i> según los años de monitoreo en la Reserva Galera- San Francisco. DE= Desviación Estándar	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Reserva Marina Galera San Francisco	18
Figura 2. Estadios del desarrollo sexual de <i>P. gracilis</i> . Nota. Desarrollo sexuales de <i>P. gracilis</i> por medio de estadios reproductivos A) Juvenil; B) Maduro con presencia de espermátforo; C) Ovada con huevos en desarrollo; D) Ovada con huevos por eclosionar; E) Langosta desovada	21
Figura 3. Distribución de la variable CPUE mediante Shapiro-Wilk, $P < 0,0001$	22
Figura 4. Distribución de la variable CPUE en los periodos de pesca	23
Figura 5. Índice de Reclutamiento por años de pesquerías.....	26
Figura 6. Gráfico de la distribución logística acumulativa para el cálculo de la talla de madurez sexual (Longitud de cefalotórax= 6,06 o Longitud total= 24,8 cm). Realizado con la paquetería Fish Stock Assessment (FSA) de R	28
Figura 7. Estructura de Tallas en capturas de langosta <i>P. gracilis</i> en la RMG-SF durante los años 2009, 2010, 2011, 2016 y 2021. Nota. La línea negra vertical denota la talla mínima de captura para Ecuador (6,3 Longitud del cefalotórax = 26 cm Longitud total), la línea azul vertical denota la talla de madurez sexual para este recurso en la RMG-SF (6,06 Longitud del cefalotórax = 24,8 Longitud total) y la línea roja vertical denota la talla de reclutas (4,1 Longitud del cefalotórax = 16,5 Longitud total)	32

1. INTRODUCCIÓN

Las langostas espinosas se encuentran en los principales océanos del mundo, desde las profundidades sublitorales hasta las batiales (George & Main, 1967). Pertenecen a la familia Palinuridae la cual consta de ocho géneros (*Jasus*, *Justitia*, *Linuparus*, *Palinurus*, *Palinustus*, *Panulirus*, *Projasus* y *Puerulus*) (Holthuis, 1991). El género tropical común *Panulirus* tiene un total de 19 especies distribuidas alrededor del mundo (Pitcher, 1993). Ecuador reporta dos especies dentro de este género, *P. penicillatus* encontrada sólo en Galápagos y *P. gracilis* quien se distribuye en la costa continental del Ecuador y Galápagos (Campos, 1993 citado en Mero Del Valle, 2015).

P. gracilis es de gran importancia tanto ecológica como económicamente para el país (Zambrano-Vélez; Rodríguez-Ríos, 2019), al formar parte de las principales pesquerías de la que dependen muchos pescadores artesanales. Dentro de la importancia económica la exportación de langosta anualmente desde Ecuador hacia EE. UU y Europa se encuentra alrededor de las 145 toneladas incrementando las divisas en nuestro país (Figuroa & Mero, 2013). Las principales caletas pesqueras se encuentran en Galápagos, Santa Elena, Guayas, Manabí, Anconcito y Esmeraldas (Barrezueta, 2016; García-Rada, 2020, Murillo-Posada, 2019), en donde los métodos de pesca incluyen el uso tradicional de redes de enmalle de 10,16 cm de luz de malla (largo estirado), 1,5 m de ancho y 170 m de largo y buceo semiautónomo (Murillo-Posada et al., 2013; Guzman et al., 2008) y el buceo con compresor de aire (Hooka) para el caso de las islas Galápagos (Murillo-Posada, 2019).

La pesquería de este recurso para Ecuador continental no es manejada (Castleberry & Riebensahm., 2011 & Murillo-Posada, 2019) correctamente dentro del marco legal propuesto por el Ministerio de Acuicultura y Pesca donde únicamente el Acuerdo Ministerial N° 182 norma la pesca de langosta. Este acuerdo establece que la talla mínima de captura (TMC) es de 8 cm Longitud Cefalotorax (LC) o 26 cm Longitud total (LT) (Ministerio de Acuicultura y

Pesca, 2001). A diferencia de Galápagos que maneja el recurso por medio de planes de manejo, información basada en la comercialización del producto, desembarques y datos históricos de captura (García-Rada, 2020; Hearn & Murillo, 2008).

La creciente demanda por la langosta verde *P. gracilis* desde los años ochenta hasta la actualidad ha ocasionado el aumento del esfuerzo pesquero en la costa continental del Ecuador. Entre los reportes de tallas documentadas en algunos estudios podemos mencionar: Loesch & López (1966) registraron individuos con promedios de 340 mm de longitud total (LT); Cun & Campos (1993) reportan capturas de 242 mm LT; Correa et al (1994) tallas de 195 mm LT y Delhaye & Ormaza (2006) reportaron tallas de 160 mm LT.

Estos datos evidencian que la pesquería de este recurso está expuesta a una posible sobreexplotación debido a la falta de control de las capturas. A esto se suma la mejora en la tecnificación de la pesca artesanal más la insuficiencia de monitoreos sistemáticos (Herrera et al., 2013) e incumplimiento de periodos de veda que van desde 16 de enero hasta el 16 de junio (Ministerio de Acuicultura y Pesca, 2001). Lo que ha obligado que *P. gracilis* se reproduzca en tallas cada vez más pequeñas por la alta presión pesquera (Castillo-Ruperti, 2015; García-Rada, 2020; Murillo-Posada et al., 2013).

Castleberry & Riebensahm (2011); Figueroa & Mero (2013); Mero-Del Valle et al (2015) reafirman que las prácticas pesqueras inadecuadas causadas por capturas de hembras ovígeras y clandestinas en épocas de veda provocan problemas de control y manejo del recurso. Además, Zambrano-Vélez & Rodríguez-Ríos (2019) mencionan que más del 90% de la captura de esta especie está por debajo de la talla mínima de captura en los puertos Anconcito, Manabí, Santa Elena y Esmeraldas

Para que las pesquerías se desarrollen exitosamente deben apearse los ODS (objetivos de desarrollo sustentable) (Defeo, 2015). La sustentabilidad enfatiza pesquerías responsables comprendidas por el ordenamiento y manejo pesquero (Murillo-Posada et al., 2013)

intrínsecamente relacionado al ecosistema tomando en cuenta la relación de las especies objetivo, factores externos y aquellos interesados en las pesquerías (Hoel, 2003). Varios autores concuerdan con que el desarrollo sustentable cubre las necesidades de la generación actual sin afectar a las generaciones futuras en el proceso de satisfacer las suyas (Lovato Torres et al., 2017; Pajaro et al., 2010).

Esta sustentabilidad depende del correcto aprovechamiento del recurso y la capacidad de este en la renovación biológica (Rubén Lara et al., 2019). Por ende, para el manejo adecuado de las pesquerías es fundamental el conocimiento general del recurso y los componentes de esta, intensidad del esfuerzo pesquero, dinámica de la población, tallas de captura, reproducción y cuotas (Murillo-Posada et al., 2013).

En Ecuador los estudios realizados para *P. gracilis* se han enfocado en explicar la estructura del hábitat (Campos, 1993), cadena de valor (Hearn & Castrejón, 2005), talla de captura (Murillo-Posada et al., 2013) y la actividad reproductiva (Mero Del Valle, 2015). Las repercusiones de la pesquería sobre la población de *P. gracilis* están poco estudiadas dejando al incógnito si este recurso cuenta con áreas sustentables o la sobreexplotación amenaza la sustentabilidad de este.

Los antecedentes respecto a la información biológica pesquera de la langosta verde *P. gracilis* son escasos dentro de la Reserva Marina Galera San Francisco por lo cual no se ha podido determinar el estado en el que se encuentra este recurso. Por dicha razón, la presente investigación está orientada a la evaluación de indicadores pesqueros por medio de la detección de cambios en la abundancia relativa, la talla de captura e índices de reclutamiento entre periodos.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

La RMG-SF se encuentra al sur de la Provincia de Esmeraldas limitando con la línea costera del Cantón Muisne, comprendiendo tres puertos pesqueros artesanales principales: Galera, Estero de Plátano y Cabo San Francisco (Figura 1). El límite occidental de esta área alcanza hasta las 10 millas náuticas y la superficie total es de 54.604 ha con una línea costera de 37 km de longitud (MAE, 2019). Se encuentran seis poblaciones costeras dedicadas a la pesca artesanal en el área de influencia de la RMG-SF.

Dentro de la biodiversidad marina esta área representa gran importancia al albergar sitios estacionarios de especies como cachalotes (*Physeter catodon*), ballenas piloto (*Globicephala macrorhynchus*); sitios de reproducción de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) (Chanabá, 2020; Jácome, 2017), delfines manchados (*Stenella attenuata*), delfines comunes (*Delphinus delphis*); sitios de alimentación de Tortuga Laúd (*Dermochelys coriácea*), Tortuga Verde (*Chelonia mydas*) y Tortuga Golfina (*Lepidochelys olivácea*) (Narváez, 2015).

Además posee una diversidad variada de peces de fondo rocosos y coralinos como el tiburón ballena y mero además de especies importantes para la pesca como dorado, pargo, corvina de roca y langosta (MAE, 2019).

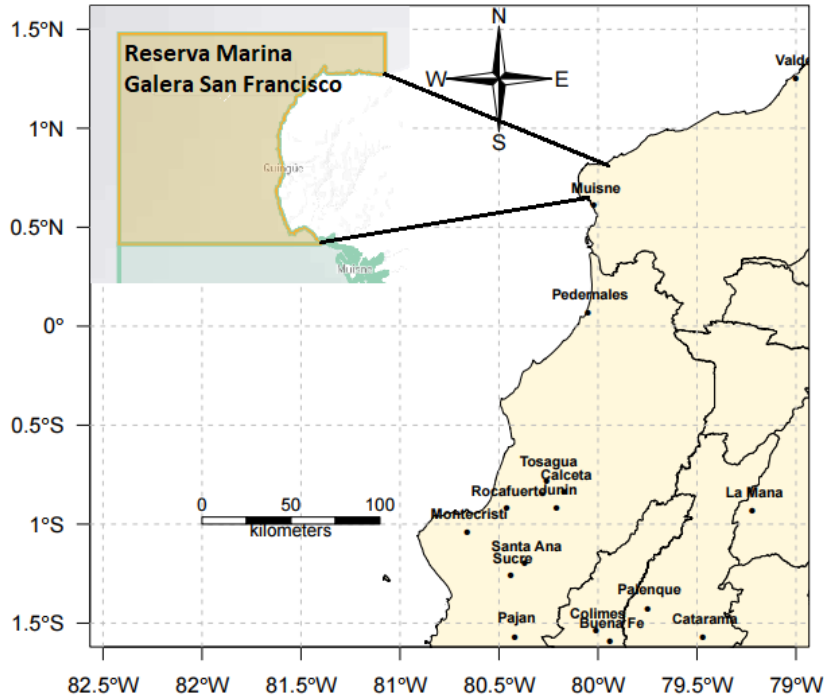


Figura 1. Mapa de la Reserva Marina Galera San Francisco.

2.2. Toma de datos

Los datos se originan de dos fuentes: la primera es la proporcionada por Instituto Nazca de Investigaciones Marinas correspondiente a los años 2009 hasta 2017 y la segunda base de datos se colectó a partir de monitoreos realizados desde noviembre 2021 hasta enero 2022. El monitoreo realizado en noviembre tuvo duración hasta enero del 2022 y se realizó a bordo de las embarcaciones en un radio de media milla desde la costa, y en los puntos de desembarque de cada puerto pesquero.

Se pesó el total de las langostas de cada embarcación y se tomaron datos biométricos. Se midió la longitud total (LT) desde la incisión orbital interna hasta la extremidad trasera del telson y la longitud estándar de cefalotórax (LEC) medida desde la incisión orbital interna hasta el margen trasero del cefalotórax (Cruz, 2002). Las medidas morfométricas fueron tomadas utilizando un calibrador de marca Vernier de 80 mm de precisión.

2.3. Análisis de la información

2.3.1. Para evaluar la abundancia relativa y la talla

La abundancia relativa se calculó con la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE); que consiste en dividir el número total de individuos capturados para el número de pescadores en un día de pesca realizado por cada embarcación (Ind. / pescador*día). La CPUE se comparó temporalmente y se sometió a pruebas estadísticas no paramétricas, en función de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza de la variable a través de análisis estadístico con la ayuda del programa estadístico R.

La longitud estándar del cefalotórax y la CPUE fueron comparados a escala temporal, mediante la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis; se usó también la prueba Benferroni para detectar diferencias entre pares de periodos, todo esto utilizando el programa estadístico R.

Para la evaluación de las tallas de captura se utilizó también histogramas de frecuencia, divididas en categorías relacionadas a su estado reproductivo de cada organismo. Por ejemplo, tanto machos como hembras fueron divididas en individuos maduros, pre-adultos y reclutas. Los individuos maduros son aquellos cuya talla son mayores a la talla de madurez sexual ($L_{50\%}$); los individuos reclutas son aquellas langostas cuyos individuos tienen un 50% (LC_{recl}); finalmente los pre-adultos son las langostas comprendidas entre el $L_{madurez50\%}$ y el LC_{recl} .

2.3.2. El reclutamiento al área de pesca

Se define reclutamiento como el número de organismos de una edad determinada que entra a la fase explotable del stock o que arriban al área de pesca, y es producido por el crecimiento de los individuos más pequeños (Beverton, RJH & Holt, 1993; Royce, 1996). Sparre y Venema (1992) definen el reclutamiento como los organismos de una cohorte determinada o talla que se desplazan desde las zonas de crianza hasta las áreas de pesca. Basados en esta definición, para este estudio determinamos la talla de reclutamiento de la langosta (LC_{recl}) como la talla en

la cual los organismos tienen el 50% de probabilidad de ser capturados por el arte de pesca; exceptuando los organismos sexualmente maduros. Aquí asumimos que la curva de selección del arte de pesca es igual a la curva de reclutamiento (Sparre y Venema, 1992), excluyendo los organismos sexualmente maduros, quienes se presumen que ya viven en el área de pesca, antes del arribo de los nuevos reclutas juveniles. Por consiguiente, para el cálculo del LC_{recl} se tomaron en cuenta solo las langostas con talla menor a la talla de madurez sexual, para lo cual se usó el modelo logístico acumulativo de la curva de ojiva de selectividad.

El índice de reclutamiento fue calculado para observar pulsos de ingreso de organismos juveniles al área de pesca y para evaluar la variabilidad intra-anual. Este índice se calculó a partir de la suma de los individuos menores a LC_{recl} capturados por un pescador en un día de pesca. Se aplicó la prueba Kruskal Wallis para determinar diferencias estadísticas entre temporadas. De igual manera se usó la prueba Post-Hoc (Benferroni) que permitió evaluar las diferencias entre pares de años.

2.3.3. Cálculo de la talla de madurez sexual

Se observó y determinó el estado sexual en las hembras de *P. gracilis* a través del desarrollo de las estructuras sexuales o la presencia de huevos en la zona ventral de las langostas (Murillo-Posada et al., 2013). El estadio I o vacío se presenta sin huevos ni espermatóforos (A); el estadio II o maduro presenta espermatóforos de coloración gris oscuro o claro (B); el estadio III está representado con huevos en crecimiento de coloración naranja brillante (C); en el estadio IV se observan los huevos próximos a eclosionar y son de coloración café (D) y finalmente en el estadio V de hembras desovadas es posible visualizar residuos de huevos o restos de espermatóforos (E) (Figura 2).

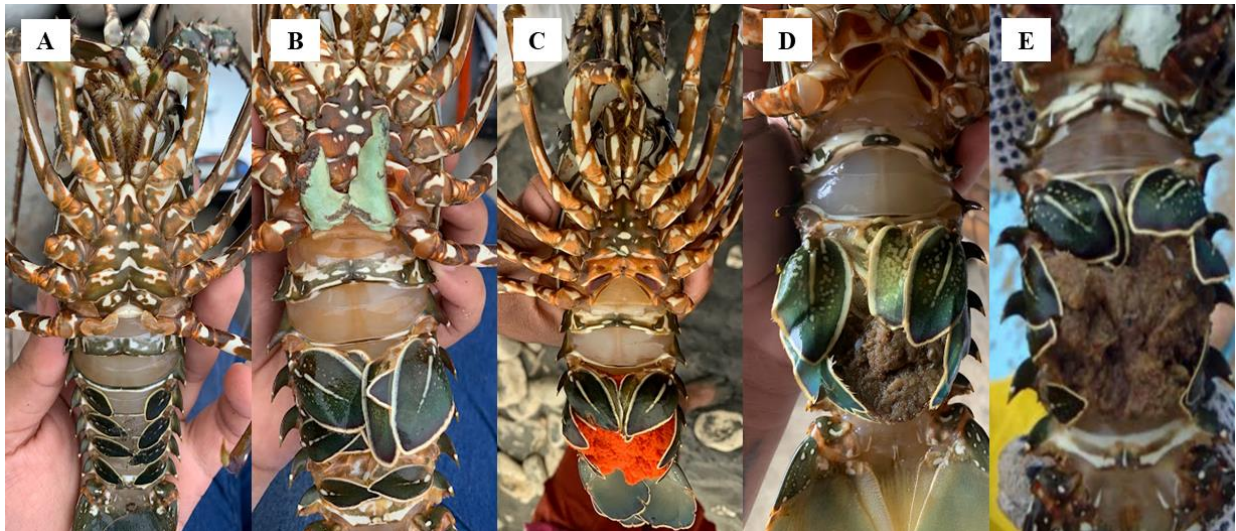


Figura 2. Estadios del desarrollo sexual de *P. gracilis*. Nota. Desarrollo sexuales de *P. gracilis* por medio de estadios reproductivos A) Juvenil; B) Maduro con presencia de espermatóforo; C) Ovada con huevos en desarrollo; D) Ovada con huevos por eclosionar; E) Langosta desovada.

Fuente: Murillo-Posada et al. (2013); Fotos: Antonella Gudiño

Para estimar la talla de madurez sexual $LC_{50\%}$ se utilizó el modelo acumulativo logístico (Weinborn, 1977; Goñi et al., 2003; Murillo-Posada et al., 2013) realizado con la paquetería *Fish Stock Assessment* (FSA) de R, también se calculó la probabilidad de ocurrencia de hembras maduras a distintas tallas de LC (3,0; 4,0; 5,0; 6,3; 7,0; 8,0 y 9,0 cm). Se usaron los datos de langostas en estado reproductivo, que incluyen langostas con espermatóforos, grávidas con huevos de coloración naranja, grávidas con huevos de coloración café y desovadas (Murillo-Posada et al., 2013).

$$(\text{Prob}_{\text{hembras ovígeras}}) = 1 / (1 + \exp((a - (b \times \text{Longitud del Cefalotórax})))$$

$$\text{Talla de madurez sexual} = LC_{50\%} = a/b$$

3. RESULTADOS

3.1. Distribución de la variable CPUE

La variable CPUE resultó con una distribución No Normal (Shapiro-Wilk, $P < 0,0001$; Figura 3), por consiguiente, el resto del análisis de esta variable fue realizada con la mediana como medida de tendencia central y percentiles como medida de dispersión.

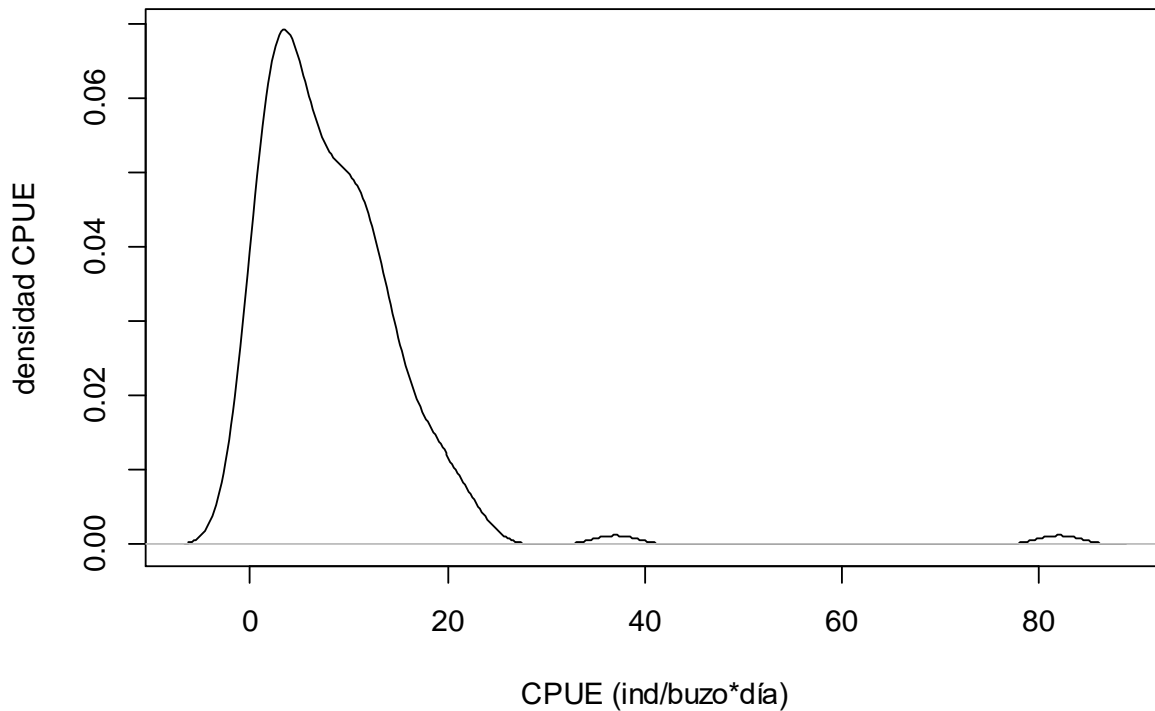


Figura 3. Distribución de la variable CPUE y análisis de normalidad mediante Shapiro-Wilk.

3.2.CPUE como variable de abundancia relativa

En la Tabla 1 se demuestra que actualmente la CPUE de langostas presenta una mediana de 11 individuos por día similar a los valores dados para los años 2009 y 2010.

Haciendo una comparación entre pares de años, se demuestra que existen diferencias significativas entre los periodos 2009, 2010, 2016 y 2021 con relación al periodo 2011 (Tabla 2). En la tabla se puede destacar que 2011 es el valor más bajo históricamente en la abundancia relativa del recurso donde la CPUE es de 2 individuos por día (Tabla 1 y 2).

A pesar de que en la Figura 4 se reporta una mayor abundancia para el 2016 respecto al periodo 2009, sin embargo no hay diferencias significativas debido al tamaño de la muestra.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la CPUE (Ind./pescador/*día) en los periodos de pesca.

PERIODO	Valor	Q25%	Mediana	Q75%	Valor
	Mínimo		Q50%		Máximo
2009	3	8	11	15	37
2010	4	6	8	10	16
2011	0	1	2	3	7
2016	5	10	20	23	82
2017	3	3	4	6	8
2021	2	6	11	13	20
Total	0	3	7	12	82

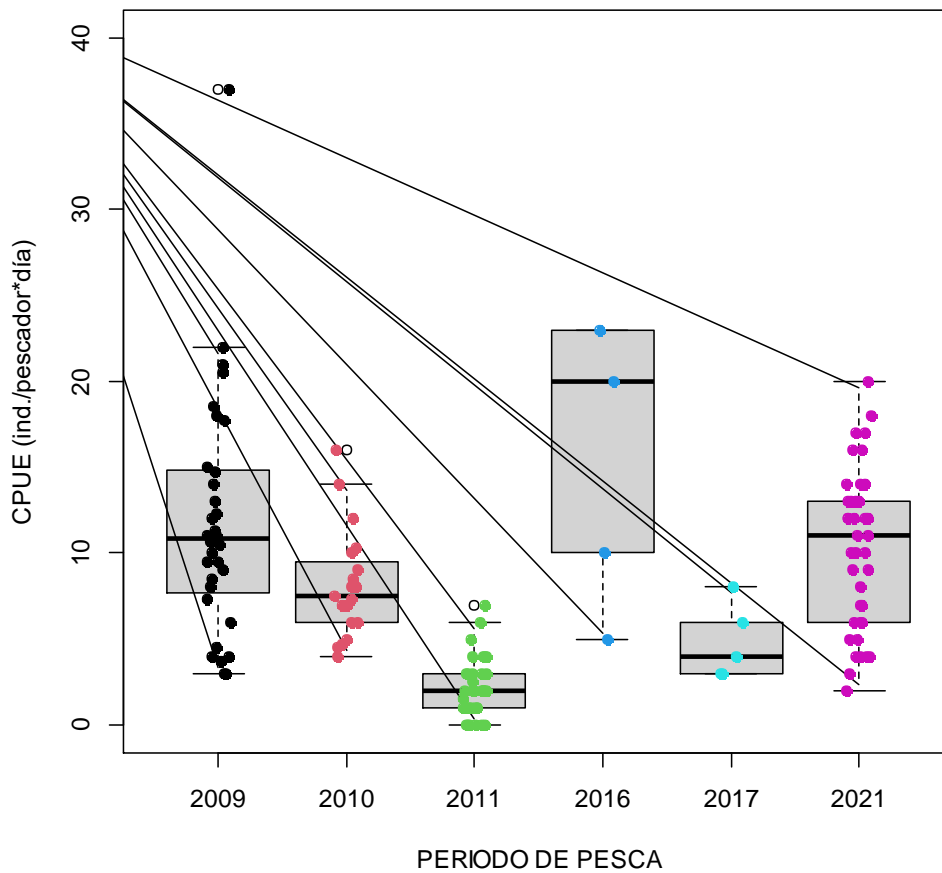


Figura 4. Distribución de la variable CPUE en los periodos de pesca.

Tabla 2. Comparación de la CPUE entre PERIODOS, realizado por el método Benferroni. Se utilizó la función `Dunn.test` del programa estadístico de R.

PERIODO	2009	2010	2011	2016	2017
2010	1				
2011	0.0000*	0.0000*			
2016	1	0,7353	0.0000*		
2017	0,1934	1	1	0,1326	
2021	1	1	0.0000*	1	0,2991

3.3.Reclutamiento

Existen diferencias significativas en el índice de reclutamiento entre años (Kruskal Wallis; $P= 0.0001747$).

La tabla 3 indica los valores más bajos de reclutamiento fue de 0 y 1 individuos por día en el 2011 y 2017 respectivamente, mientras que el año con la mediana más alta fue en 2016.

Haciendo una comparación entre pares de años, se demuestra que el 2010 es estadísticamente mayor que el 2011 y 2017; también se observan estas diferencias entre el año 2021 y el 2011, con un mayor índice de reclutamiento para el 2021 (Tabla 4).

En la Figura 5 se observa comportamiento cíclico de los índices de reclutamiento para *P. gracillis*, no observándose pulsos sobresalientes durante los años de estudio.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos del índice de reclutamiento ($\text{ind} < 4,4 \text{ cm/día}$) en los periodos de pesca.

PERIODO	Valor Mínimo	Q25%	Mediana Q50%	Q75%	Valor Máximo
2009	2	3	4	7	12
2010	1	4	6	8	14
2011	0	0	0	1	4
2016	2	6	9	11	28
2017	0	0	1	3	5
2021	0	2	3	7	10

Tabla 4. Comparación del índice de reclutamiento entre períodos, realizado por el método Benferroni. Se utilizó la función `Dunn.test` del programa estadístico de R.

PERIODO	2009	2010	2011	2016	2017
2010	1				
2011	0.0000*	0.0000*			
2016	1	1	0.0001*		
2017	0,2009	0,0631	1	0,081	
2021	0,571	0,1098	0.0000*	0,3097	1

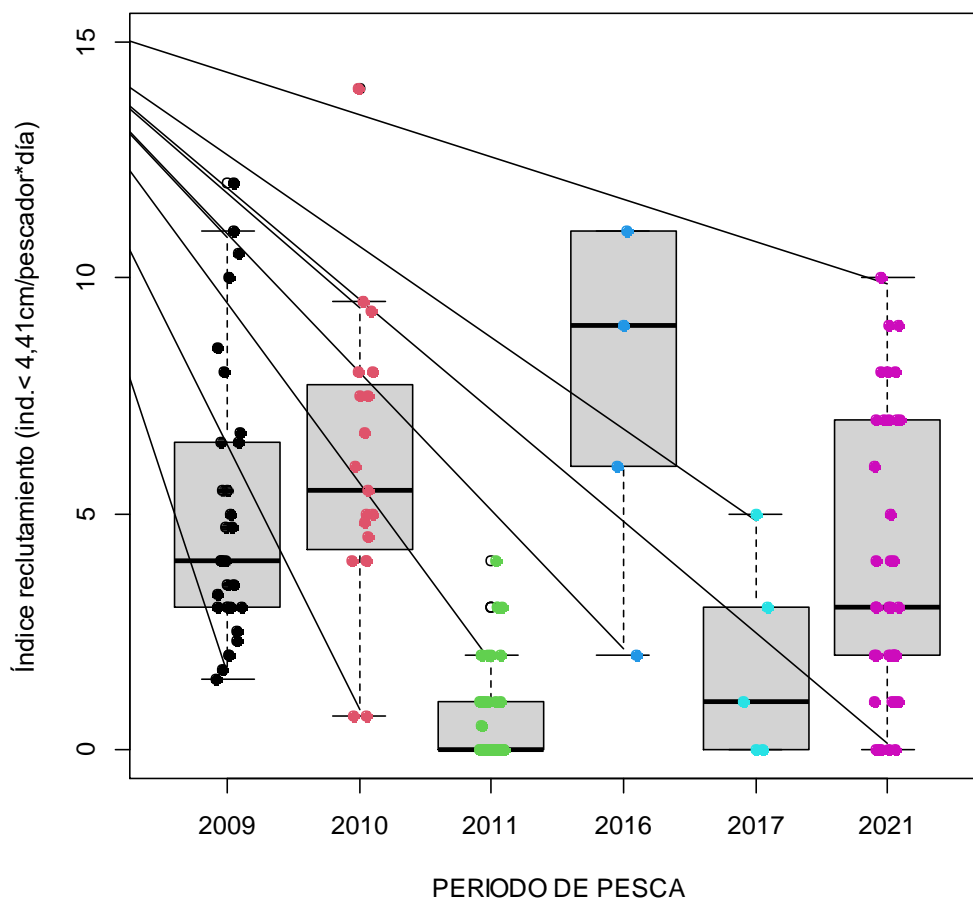


Figura 5. Índice de Reclutamiento por años de pesquerías.

3.4. Indicadores reproductivos

Con relación a la talla de madurez sexual para *P. gracilis* en la RMG-SF (Figura 6), se establece que la probabilidad de encontrar el 50% ($L_{50\%}$) de hembras maduras, recae en la longitud de cefalotórax LC de 6,04 (longitud total LT de 24,8 cm).

La Tabla 5 también muestra la probabilidad de ocurrencia de encuentro de hembras maduras desde la talla de 3 a 9 cm de LC (12,4 a 36,8 cm de longitud total). En la tabla se puede destacar que una langosta de 16,5 cm de LT tiene el 20% de probabilidades de estar grávida, mientras que la de 26 cm de LT (Talla mínima de captura) tiene un 55% de posibilidades de que antes de ser capturada ya se halla reproducido.

Con relación a la proporción sexual dentro de cada periodo, la Tabla 6 indica que se han capturado más machos 58% que hembras 42%. Para las hembras el año con mayor captura fue

el 2011, con el 99,3% de la cantidad total. El año con mayor capturas de machos fue el 2009 con 62,1%.

Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia de encuentro de hembras maduras en diferentes tallas de *P. gracilis*. Cálculo realizado con la función *predict* de la paquetería Stats del programa estadístico R.

Longitud total (cm)	12,4	16,5	20,5	24,8	26,0	28,7	32,8	36,8
Longitud de Cefalotórax (cm)	3,0	4,0	5,0	6,06	6,3	7,0	8,0	9,0
Probabilidad de ocurrencia	0,12	0,20	0,33	0,50	0,55	0,65	0,79	0,88

Se notará que el valor de 6,3 corresponde a la talla mínima legal de captura, y 0,55 es la probabilidad de encontrar hembras maduras en esta talla mínima regulada por el gobierno.

Tabla 6. Proporción sexual en la captura de *P. gracilis* según los años de monitoreo.

Año	H	M	Total individuos
2009	37,9%	62,1%	633
2010	43,6%	56,4%	424
2011	99,3%	0,6%	340
2016	45,0%	55,0%	140
2017	50,0%	50,0%	24
2021	55,3%	44,7%	365
2022	66,0%	34,0%	47
Total	42,0%	58,0%	1973

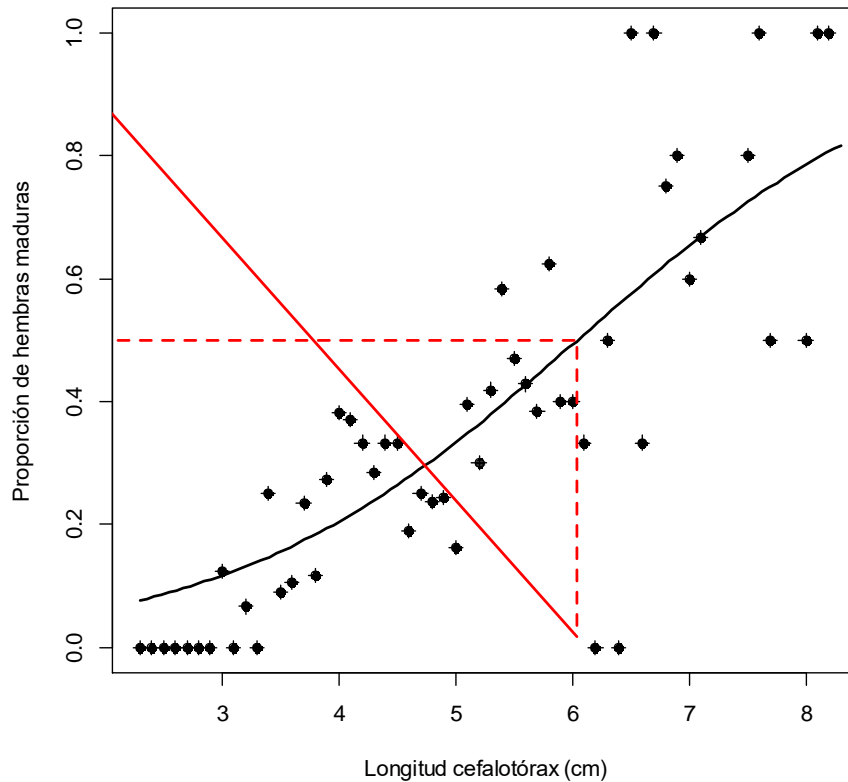


Figura 6. Gráfico de la distribución logística acumulativa para el cálculo de la talla de madurez sexual (Longitud de cefalotórax= 6,06 o Longitud total= 24,8 cm). Realizado con la paquetería *Fish Stock Assessment* (FSA) de R.

3.5. Indicadores de tallas

La figura 7 indica un alto nivel de captura de pre-adultos y juveniles. Se reportó el 35,1% de captura de hembras y 54,0% de machos reclutas menores a 4,41 cm de LC en todos los periodos. De las 596 hembras estudiadas, tan solo el 1,3% se encontraba por arriba de la talla de madurez sexual y en los 721 machos solo el 1,7% (Tabla 7).

En el año 2011 no se capturaron langosta machos en ninguna fase. Durante los años 2016 y 2017 no se capturaron hembras maduras y en el 2022 de machos maduros (Tabla 8). 2010 fue el año más representativo en la captura de reclutas hembras con un 58,2% mientras que para machos el año 2022 con el 75%.

Las langostas hembras pre-adultas tuvieron mayor porcentaje de capturas durante todos los periodos de monitoreo componiendo el 56, 5% de la pesca mientras que de machos pre-adultos

se pescó el 43, 7% (Tabla 8). El promedio de longitud de cefalotórax en hembras capturadas durante todos los periodos de monitoreo fue de 4,8 cm LC y en machos de 4,5 cm de LC (Tabla 9). Durante el año 2010 se capturaron hembras de 4,3 cm LC y en 2022 machos de 3,7 cm LC considerados como juveniles respectivamente.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la Longitud de cefalotórax en *P. gracilis*.

	Hembra	Macho
Media	4,62	4,39
Mínimo	2,30	1,63
Máximo	6,78	8,41
Número de muestra	596	721
Desviación estandar	0,76	0,73
> 6,04	1,3%	1,7%
< 4,40	35,1%	54,0%
Entre 4,40 y 6,04	63,6%	44,4%

Tabla 8. Porcentaje de capturas de *P. gracilis* es fase maduros, reclutas y pre-adultos según los años de monitoreo.

Fase	2009	2010	2011	2016	2017	2021	2022	%
Maduros								
H	1,3%	0,5%	4,2%	0,0%	0,0%	26,4%	25,8%	8,3%
Reclutas								
H	20,8%	58,2%	35,4%	22,2%	25,0%	34,8%	41,9%	35,2%
Preadultos								
H	77,9%	41,3%	60,4%	77,8%	75,0%	38,8%	32,3%	56,5%
Maduros M	2,3%	0,4%	-	1,3%	8,3%	23,9%	0,0%	5,7%
Reclutas								
M	49,4%	61,5%	-	54,5%	50,0%	33,7%	75,0%	50,7%
Preadultos								
M	48,3%	38,1%	-	44,16%	41,67%	42,33%	25,00%	43,67%
Total								
general	100%	100%	-	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de la Longitud de cefalotórax en *P. gracilis* según los años de monitoreo en la Reserva Galera- San Francisco. DE= Desviación Estándar.

Año	H					M				
	Promedio de LC	Número de muestra	Mínimo de LC	Máximo de LC	DE de LC	Promedio de LC	Número de muestra	Mínimo de LC	Máximo de LC	DE de LC
2009	4,9	1167	2,7	6,7	0,6	4,5	1775	2,8	8,4	0,7
2010	4,3	784	2,3	6,1	0,8	4,2	999	1,6	6,3	0,8
2011	4,6	442	2,4	6,8	0,9	-	-	-	-	-
2016	4,7	299	3,4	5,8	0,5	4,4	340	3,2	6,2	0,7
2017	4,9	59,1	3,5	6,0	0,7	4,6	54,7	3,3	6,3	0,8
2021	5,1	1030	2,3	8,3	1,3	5,1	834	2,9	8,7	1,3
2022	5,0	155	2,7	7,8	1,5	3,7	58,8	2,5	5,2	0,8
Total general	4,8	3935	2,3	8,3	1,0	4,5	4061	1,6	8,7	0,9

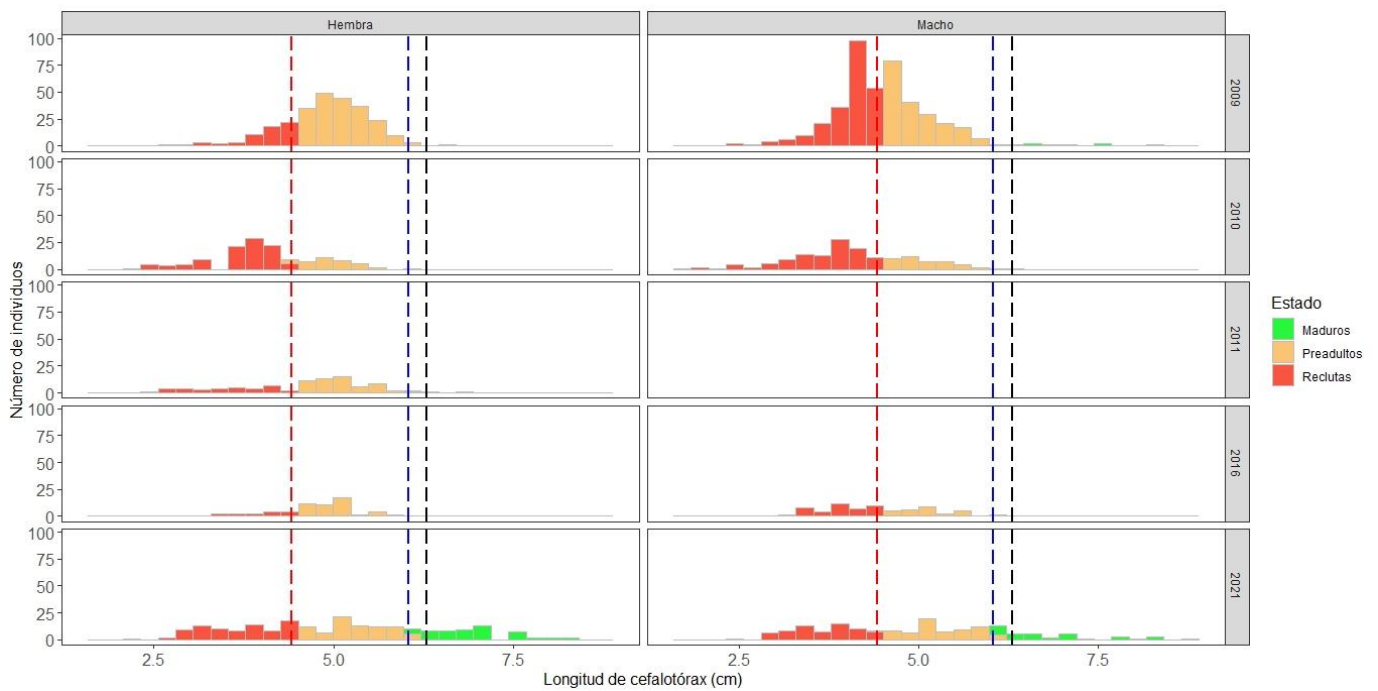


Figura 7. Estructura de Tallas de langosta *P. gracilis* capturada en la RMG-SF durante los años 2009, 2010, 2011, 2016 y 2021. La línea negra vertical denota la talla mínima de captura para Ecuador (6,3 Longitud del cefalotórax = 26 cm Longitud total), la línea azul vertical denota la talla de madurez sexual para este recurso en la RMG-SF (6,06 Longitud del cefalotórax = 24,8 Longitud total) y la línea roja vertical denota la talla de reclutas (4,0 Longitud del cefalotórax = 16,5 Longitud total).

4. DISCUSIÓN

4.1. Índice de Abundancia

La evaluación del índice de abundancia en la captura de *P. gracilis* indica que la actividad no cubre los gastos operacionales de los pescadores artesanales por lo que capturan y comercializan langostas de tamaño menor a la talla normada legalmente, situación que ocurre de igual manera en el puerto pesquero Anconcito (Figueroa & Mero, 2013; García-Rada, 2020; Murillo-Posada et al., 2013).

Si bien *P. gracilis* presenta sobrepesca por crecimiento, la abundancia relativa no ha sido reducida significativamente, observándose que al menos hay una alta presencia de juveniles y pre-adultos en la población (reclutas, ver figura 7), esto muestra que el potencial reproductivo no ha sido perturbado drásticamente. Por el contrario, este estudio demuestra que existe escasa

abundancia en el stock reproductor lo que implica una acentuada sobrepesca por reclutamiento e impacto sobre el ciclo reproductivo de la especie. Murillo-Posada et al. (2013) presenta resultados similares para el estado de este recurso en el Puerto pesquero Anconcito.

Los factores espaciales, temporales y ambientales contribuyen cambios en la CPUE de las langostas. Murillo-Posada et al., (2019) demostraron que las tendencias mensuales de CPUE de *P. gracilis* en Galápagos presenta comportamientos diferentes entre años a causa de la temperatura superficial del mar (TSM). Cabe destacar, que durante este estudio no se analizaron diferencias mensuales en la CPUE, por ejemplo, durante la temporada 2021 solo se registraron datos en la época de invierno (noviembre, diciembre y enero), mientras en años anteriores (2010, 2011 y 2016) se monitoreo la langosta incluso en los meses de verano (mayo a octubre), lo que puede tener un efecto en la abundancia del recurso.

4.2. Índice de Reclutamiento

Se entiende como reclutamiento al número de langostas de un solo grupo de edad que entran en la fase explotable de su población en un período dado por el crecimiento de los individuos más pequeños y jóvenes (Royce, 1996). Sharma et al (2019) manifiesta que este número de langostas pertenecientes a un solo grupo anual que llegan a un área durante un período determinado donde la pesca está en curso y aunque las langostas pueden ser tan pequeñas, la posibilidad de captura es insignificante.

Basándonos en la definición de (Sharma et al., 2019) es entendible que en las poblaciones de langostas, los individuos maduran aproximadamente al mismo tiempo que se vuelven explotables; el tamaño de las poblaciones explotables es probablemente un índice del número de reproductores. Por ello que el reclutamiento es de especial interés por su relación con el rendimiento posterior del grupo de año ya que es el primer índice obtenible de la abundancia del grupo de años.

La relación general entre el número de reproductores y el reclutamiento resultante se ajusta a tres factores derivados de los conceptos de las poblaciones de una sola especie. Primero, cuando no hay reproductores, no hay reclutamiento exclusivo de la inmigración. En segundo lugar, todas las poblaciones, excepto las que están en vías de extinción, se han adaptado a su nicho, tienen capacidad de crecimiento y una resiliencia que les permite recuperarse de la adversidad. En tercer lugar, las poblaciones están limitadas en número por factores naturales que aumentan la tasa de mortalidad a medida que aumenta el número de animales (Rose et al., 2015; Royce, 1996; Sharma et al., 2019).

Por esto, el grado de variabilidad en el reclutamiento a la pesquería afecta la forma en que operan los sistemas alternativos de control de gestión (Cabrero-Rodríguez, 2021). Cuando existe una gran variabilidad es probable que se produzcan errores en el pronóstico de la captura anual disponible. La variabilidad en el reclutamiento para la pesquería puede ser significativa entre regiones (Gonzalez- Peñafiel, 2012). Cuando ocurren estas situaciones, los controles basados en el esfuerzo brindan una estrategia de manejo de menor riesgo ya que la captura lograda tiende a autocorregirse cuando ocurren errores en las estimaciones de abundancia de la población. Es decir, con el esfuerzo y la tasa de explotación relativamente fijos, la captura lograda refleja más fielmente la abundancia subyacente y deja una proporción relativamente constante de la población después de pescar cada año (Alzugaray et al., 2018; Cabrero-Rodríguez, 2021).

Las poblaciones de langosta tropical *Panulirus* con una variabilidad típicamente más alta en el reclutamiento para la pesquería, debido a un crecimiento más rápido y ciclos de vida más cortos que a menudo resultan en una sola clase anual que domina la captura cada año, son generalmente más adecuadas (Mero-Del Valle et al., 2015; Naranjo Madrigal, 2011). La dispersión larvaria y el índice de reclutamiento son factores determinantes en el ciclo de vida

y la relación entre larvas, juveniles y adultos de langosta (Guadalupe et al., 2008; Puga-López et al., 2015).

Las langostas espinosas, como otras langostas, tienen un ciclo de vida caracterizado por un largo estadio larvario pelágico (*Phyllosoma*) de alrededor de nueve meses. Después de viajar miles de kilómetros con las principales corrientes superficiales y submarinas, las jóvenes langostas espinosas (*Puerulus*), se instalan en pequeñas grietas en las costas poco profundas. Este estado larval pelágico permite una amplia dispersión e interconexión con otras poblaciones (Luna, 2018). Por lo tanto, el reclutamiento local está separado de la reproducción local y la persistencia de las poblaciones de langosta espinosa en una localidad que no solo depende de los esfuerzos de manejo local.

A pesar de que los datos en el presente estudio no demostraron un reclutamiento a gran escala, los resultados sugieren que los niveles de reclutamiento tienen cierto grado de estacionalidad, evidenciando un comportamiento invariable. La talla de reclutamiento a la pesquería para *P. gracilis* fue 4,0 cm LC = 16,5 cm LT.

4.3. Indicadores reproductivos

Mediante el análisis empírico realizado para *P. gracilis* en la RMG-SF durante el periodo 2012, Luna (2018) reporta una LC_{50%} de 60 mm coincidiendo con 61 mm de LC_{50%} en Jaramijó-Manabí (Delheye & Ormaza, 2006), ambos reportes coincidentes con los resultados de este estudio, en donde se establece que la talla de madurez sexual es de 6,04 cm LC. En Santa Rosa-Manabí se reportan tallas de captura de 83 mm LC mientras que las langostas capturadas en Salango, Manabí presentan mayor tamaño con una talla promedio de 84,1 mm LC (Figuroa, 2012).

El indicador de talla de madurez sexual (TMS) presenta gran importancia para al manejo de las pesquerías. En este trabajo la TMS fue de 24,8 cm LT y la talla mínima de captura establecida por la autoridad de pesca es de 26 cm LT. La TMC debe ser mayor a la TMS para

asegurar la recuperación de la especie. Cuando $TMC > TMS$ al menos el 50% de la población reproductiva llega a desovar una vez antes de ser capturada. En este estudio la TMC es superior a la TMS y de cumplirse con la regulación, esto repercutiría positivamente a la población. Sin embargo, al analizar el cumplimiento de la TMC respecto a la estructura de tallas analizadas en los periodos de estudio, los resultados demuestran una sobrepesca del tamaño.

El tamaño de captura, estructura de tallas y proporción sexual de las langostas se ven influenciados por diversos factores. Uno de estos factores se refiere a los cambios de las condiciones oceanográficas influenciadas por oleaje alto, vientos fuertes, corrientes de resaca, corrientes suaves de las localidades creando una barrera natural para la accesibilidad de los pescadores a las zonas de pesca (Delheye & Ormaza, 2006). Otro factor que explicaría esta diferencia de talla se debe a la presión pesquera para este recurso difiera en las localidades y el arte de pesca utilizado para su captura (Figueroa & Mero, 2013). Goñi et al (2003) postula que un sexo puede predominar en las capturas por la exposición temporal que presenta según el arte de pesca. Ruperti (2015) y Pérez-González (2011) manifiestan que las hembras se capturan con mayor facilidad por el tamaño debido a que su crecimiento es mayor que el de machos pero en épocas reproductivas su crecimiento disminuye por la demanda de energía que requiere producir masa ovígera (Naranjo Madrigal, 2011).

El principal factor que afecta al indicador reproductivo que va de la mano con la estructura de talla es la presión pesquera a la que se enfrenta el recurso mediante el arte de pesca utilizado. En los sitios de mayor actividad pesquera la individuos disminuyen su población y su talla de captura (Castillo et al., 2014; Figueroa, 2012; Figueroa & Mero, 2013). La alta demanda de este recurso en la RMG-SF y otros sitios del Ecuador y sumada la pesquería vagamente controlada por las autoridades ha dado paso a que la población de este recurso presente desarrollo sexual más temprano en respuesta al declive de su población y como estrategia

adaptativa (Figuerola & Mero, 2013; García-Rada, 2020; Murillo-Posada., Oviedo., Loo., 2013).

4.4. Proporción de pesca

Para Ecuador Loesch & López (1966) reporta una proporción 1,5:1 mientras que Cun & Campos (1993) reporta proporciones de 2:1. Datos más actualizados destacan que estas proporciones han disminuido. Figuerola & Mero (2013) en Manabí determinaron que la proporción de machos es menor a la proporción de hembras en relación con dos métodos de capturas donde la relación 0,63:1 fue por medio de buceo y 0,72:1 mediante captura con red. Mientras que en Manta la proporción encontrada por (Castillo Ruperti, 2015) fue de 0,93:1. En el presente estudio la proporción de machos fue mayor que la proporción de hembras contrario a lo encontrado por Figuerola & Mero (2013) (Tabla 6). En otros países como México Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez (2003) reportan una proporción de 3,6:1 mientras que la proporción reportada para El Salvador es de 2,3:1 por López Martínez & Sanches Lizaso (2010) mayores a las encontradas en Ecuador.

Esta diferencia en la captura de proporciones (M:H) posiblemente se explica debido a que las langostas juveniles y pre-adultos tienen preferencia a zonas de poca profundidad y de alta turbidez (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez, 2003) sin embargo esto varía según la zona de pesca (Figuerola, 2012). Además la captura de langostas mediante redes facilita la pesca de machos mediante las migraciones y los movimientos tróficos (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez, 2003), comportamiento de las langostas determinados por rangos de movimiento y territorios de apareamiento definidos por machos adultos o movimientos a causa de reproducción (Bertelsen & Hornbeck, 2009) y sensibilidad a los cambios de salinidad.

4.5. Tallas de captura

La talla media de captura de *P. gracilis* en las áreas de pesca de la RMG-SF se mantuvo durante todos los periodos. Sin embargo, en los periodos estudiados se evidencia mayor captura

de langosta con tallas entre 4,1 a 6,06 LC considerados como reclutas y juveniles respectivamente tanto en hembras como para machos. El periodo 2011 está representado únicamente por captura de hembras dentro de las tallas anteriormente mencionadas. Tan solo el 1,3% y 1,7% de hembras y machos respectivamente cumplen con la talla de madurez sexual.

Barrezueta (2016) para el puerto pesquero Cabo San Francisco dentro de la RMG-SF presentó tallas medias superiores mientras que para el puerto pesquero Anconcito García-Rada (2020) reporta disminución en la talla media de capturas entre los años 2012 al 2019, en 2012 el 88,9% de capturas recayó en juveniles con tallas de 6,8 cm y 5,7 de LC en hembras y machos respectivamente mientras que en el año 2019 los juveniles capturados aumentaron en un 99,2% con tallas de 5,1 y 4,8 cm de LC para hembras y machos respectivamente. Estas tallas no se apartan del escenario actual que enfrenta la pesquería de langosta en la costa continental del Ecuador en donde las langostas capturadas no consiguen la talla mínima legal establecida (Figuroa & Mero, 2013; Villón et al., 2000).

La pesca de langostas juveniles es una práctica normal no solo en Ecuador sino que en todas las zonas de distribución de esta especie. Es así como en Costa Rica la pesquería de este recurso ha generado problemas de ordenamiento y sobrexplotación, para este país se registran capturas de 34 mm longitud de cefalotórax (LC) menor a la talla comercial permitida de 80 mm LC (Naranjo Madrigal, 2011). México presenta una situación similar donde las capturas de individuos son de 70 mm LC por debajo de la talla mínima de pesca establecida (Pérez-González, 2011). La situación de la langosta verde en Panamá es semejante a los países mencionados anteriormente sin embargo la talla de captura varía ya que se ha establecido mediante la medición de la longitud del abdomen siendo de 112 mm, para este país se registran capturas de 81 mm menores a la talla comercial establecida (Guzman et al., 2008)

Mediante estas investigaciones se reafirma la disminución en las poblaciones de langosta para la costa de Ecuador continental y se evidencia las prácticas inadecuadas ejercidas sobre el

recurso tomando en cuenta que las regulaciones probablemente no han sido las apropiadas (Zambrano-Vélez & Rodríguez-Ríos., 2019; Villón et al., 2000). Dentro de estas regulaciones se puede hacer referencia a el periodo de veda y la talla mínima de captura (Murillo-Posada et al., 2013). Queda demostrado que la falta de control pesquero en la RMG-SF ha sometido a este recurso (langosta verde) al esfuerzo pesquero sobre las clases menores de la población repercutiendo en una sobrepesca de tamaño.

5. CONCLUSIÓN

- Se evidencia sobrepesca del tamaño de la langosta en la RMG-SF, lo que demuestra que la pesquería no cumple con el control sobre la talla mínima de captura reglamentada y además esta sobrepesca indica que la actividad pesquera no es sustentable.
- La alta presión pesquera sobre la población de reclutas y pre-adultos no da lugar a la renovación adecuada de la población, siendo capturadas antes de que las langostas lleguen a la edad de madurez sexual.
- Los resultados indican que el stock desovante ha sufrido una severa disminución, la CPUE actual (2021) fue relativamente baja, con apenas 11 individuos por día de pesca, de los cuales solo el 25% de langostas fueron sexualmente maduras.
- La talla de primera madurez sexual establecida para la RMG-SF y otros puertos pesqueros del Ecuador está por debajo a la talla mínima regulada en Ecuador. Desde el punto de vista de manejo de la especie, esto es una ventaja debido a que si se cumpliera con esta regulación, se dejaría madurar a la especie (24,8 cm de LT) antes de que los individuos sean capturados manteniendo la talla establecida legalmente (26,0 cm de LT).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTO BARREZUETA. (2016). *DIAGNÒSTICO DE LA PESQUERÍA DEL RECURSO LANGOSTA VERDE (Panulirus Gracilis) EN LA CALETA PESQUERA CABO SAN FRANCISCO*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS.
- Alzugaray, R., Puga, R., Piñeiro, R., De León, M. E., Cobas, L. S., & Morales, O. (2018). The Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery in Cuba: current status, illegal fishing, and environmental variability. *Bulletin of Marine Science*, 94(2), 393–408. <https://doi.org/10.5343/bms.2016.1126>
- Bertelsen, R. D., & Hornbeck, J. (2009). Using acoustic tagging to determine adult spiny lobster (*Panulirus argus*) movement patterns in the Western Sambo ecological reserve (Florida, United States). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(1), 35–46. <https://doi.org/10.1080/00288330909509980>
- Beverton, RJH & Holt, S. (1993). *On the dynamics of exploited fish populations* (First edit). HMSO.
- Briones-Fourzán, P., & Lozano-Álvarez, E. (2003). Factors affecting growth of the spiny lobsters *Panulirus gracilis* and *Panulirus inflatus* (Decapoda: Palinuridae) in Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 51(1), 165–174.
- Cabrero-Rodríguez, Á.-H. (2021). *Influencia del clima oceánico en la variabilidad de las pesquerías: estudio de la plataforma ibérica del Atlántico* [Universidade de Vigo]. <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/2380>
- Campos. (1993). Informe sobre la situación actual de la langosta en la región insular y continental del Ecuador. In *Instituto Nacional de Pesca*.
- Castillo, R., Figueroa-Pico, J., Mero del Valle, D., Erazo, E., & Chirino, E. (2014). *ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL RECURSO PESQUERO*

- LANGOSTA Panulirus gracilis EN MANTA Y JARAMIJÓ MANTA, MAYO DE 2014.*
https://www.researchgate.net/publication/340539599_ESTRATEGIAS_DE_CONSERVACION_Y_MANEJO_DEL_RECURSO_PESQUERO_LANGOSTA_Panulirus_gracilis_EN_MANTA_Y_JARAMIJO_MANTA_MAYO_DE_2014
- CASTILLO RUPERTI, R. J. (2015). *EVALUACIÓN DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA PESQUERÍA DE LANGOSTA VERDE Panulirus gracilis (STREETS, 1871) EN EL DESEMBARCADERO PLAYITA MÍA, MANTA, ECUADOR.* UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- Castleberry, C., & Riebensahm, D. (2011). *Value chain analysis of the main artisanal fisheries in the Galera-San Francisco Marine Reserve.*
http://www.institutonazca.org/downloads/programa_pesqar/Nazca_value_chain_analysis_2011.pdf
- Chanabá, G. (2020). *Análisis de la Fidelidad de Sitio de Ballenas Jorobadas (Megaptera novaeangliae) en la costa de Esmeraldas, Ecuador.* UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.
- Correa, J., Herrera, M., Villanueva, G., & Campos, J. (1994). *Informe sobre el recurso langosta en la región insular y continental del Ecuador.*
- Cruz Raúl. (2002). *Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa* (R. F. 2002 (ed.); Libro impr).
<https://books.google.com.pr/books?id=BH91xLjUQJEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Cun, Medardo., Campos, J. (1993). *Estudio de las capturas, comerciales de Panulirus gracilis (langosta verde) del Noroeste del Golfo de Guayaquil (1970 - 1979): Vol. XII (Issue 5).*
<https://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2017/07/BCT.-VOL.-12-5.pdf>
- Defeo. (2015). *Enfoque ecosistémico pesquero Conceptos fundamentales y su aplicación en*

- pesquerías* (FAO Docume). Food and Agricultural Organization.
- Delhaye, L., & Ormaza, C. (2006). *Aspectos biométricos de las capturas de langosta espinosa Panulirus gracilis (Streets, 1871) en las costas de Jaramijó, Manabí, Ecuador*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
- Delheye, L; Ormaza, C. (2006). *Aspectos biométricos de las capturas de langosta espinosa Panulirus gracilis (Streets, 1871) en las costas de Jaramijó, Manabí, Ecuador*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Figueroa. (2012). *Estudio del recurso pesquero langosta verde Panulirus gracilis en Manta y Jaramijó, Manabí, Ecuador*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manabí, Ecuador.
- Figueroa, J., & Mero, D. (2013). Talla de captura y reproducción de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en la costa de Manabí, Ecuador. In *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN (Vol. 61, Issue 3)*.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v61n3/a16v61n3.pdf>
- García-Rada. (2020). *INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN LA PESQUERÍA DE LANGOSTA VERDE PANULIRUS GRACILIS EN EL PUERTO PESQUERO ARTESANAL ANCONCITO, SANTA ELENA, ECUADOR [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR]*.
http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12700/DISERTACIÓN_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- George, R. W., & Main, A. R. (1967). The Evolution of Spiny Lobsters (Palinuridae): A Study of Evolution in the Marine Environment. *Evolution*, 21(4), 803–820.
<http://www.jstor.org/stable/2406775>
- Goñi, R., Quetglas, A., & Reñones, O. (2003). Size at maturity, fecundity and reproductive potential of a protected population of the spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) from the western Mediterranean. *Marine Biology*, 143(3), 583–592.

<https://doi.org/10.1007/s00227-003-1097-5>

Gonzalez, Peñafiel, L. J. (2012). *Revista Científica Facultad de Ciencias Agrarias Revista Científica Facultad de Ciencias Agrarias*. VI, 1–4.

Guadalupe, M., Zepeda, T., Carlos, J., Castillo, Z., Antonio, J., El, E. N., Del, L., México, P. D. E., Mar, V., García, M., Solís, A., & Villalejo, M. (2008). (*Bouvier*, 1895) en el litoral del Pacífico de México from the Pacific coast of Mexico *Introducción*. 43, 129–136.

Guzman, H. M., Cipriani, R., Vega, A. J., Lopez, M., & Mair, J. M. (2008). Population assessment of the pacific green spiny lobster *Panulirus gracilis* in Pacific Panama. *Journal of Shellfish Research*, 27(4), 907–915. [https://doi.org/10.2983/0730-8000\(2008\)27\[907:PAOTPG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2008)27[907:PAOTPG]2.0.CO;2)

Hearn, A., & Castrejón, M. (2005). *Small scale Fisheries and Marine Ecosystem Services: Adaptation and Transformation to Secure Human Wellbeing*. #SeAdapta View project *Vulnerability of chondrichthyan fish of the Eastern Tropical Pacific to climate change View project*. <https://www.researchgate.net/publication/290130493>

Hearn, A., & Murillo, J. C. (2008). Life history of the red spiny Lobster, *Panulirus penicillatus* (decapoda: Palinuridae), in the Galápagos Marine Reserve, Ecuador. *Pacific Science*, 62(2), 191–204. [https://doi.org/10.2984/1534-6188\(2008\)62\[191:LHOTRS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2984/1534-6188(2008)62[191:LHOTRS]2.0.CO;2)

Herrera, M., Castro, R., Coello, D., Saa, I., Elías, E., & Ferreyros, S. (2013). Puertos, caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador. In *Instituto Nacional de Pesca* (Vol. 4, Issue 1, p. 13). https://www.researchgate.net/profile/Dialhy_Coello_Salazar/publication/310952145_Puertos_caletas_y_asentamientos_artesanales_en_la_costa_continental_del_Ecuador/links/5a1743384585155c26a78093/Puertos-caletas-y-asentamientos-artesanales-en-la-costa-contine

- Hoel, A. H. (2003). Marine biodiversity and institutional interplay. *Coastal Management*, 31(1), 25–36. <https://doi.org/10.1080/08920750390168282>
- Holthuis, L. B. (1991). FAO species catalogue Vol. 13. Marine lobsters of the world An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. *FAO Fisheries Synopsis No. 125*, 13(125), 1–4. <http://download.springer.com/static/pdf/993/art:10.1007/BF00389339.pdf?originUrl=http://link.springer.com/article/10.1007/BF00389339&token2=exp=1455550872~acl=/static/pdf/993/art:10.1007/BF00389339.pdf?originUrl=http://link.springer.com%25>
- Jácome, G. (2017). *Ballenas Jorobadas (Megaptera novaeangliae) en la Costa de Esmeraldas , fidelidad de sitio , movimientos y parámetros poblacionales* Giovanna Salomé Jácome Ruiz. Giovanna Salomé Jácome Ruiz [UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6658/1/131643.pdf>
- Loesch, Harold ., López, E. (1966). *Observaciones sobre la langosta de la costa continental del Ecuador* (Vol. 1, Issue 5). <https://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2017/07/BCT.-VOL.-1-51.pdf>
- López Martínez, W. A., & Sánchez Lizaso, J. L. (2010). Pesca de *Panulirus gracilis* (Crustacea: Palinuridae) en el complejo recifal los Cóbanos, El Salvador. *XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*, 252, 6767.
- Lovato Torres, S., López Franco, M., & Montesdeoca Peralta, M. (2017). La pesca artesanal y deportiva en las áreas marinas protegidas y su incidencia en el desarrollo sostenible. *Dominio de Las Ciencias*, 3(2), 16–32. <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.2.16-32>
- Luna, S. (2018). *POPULATION DYNAMICS AND FACTORS AFFECTING SPINY LOBSTER SMALL SCALE FISHERIES* [Technische Universität Dresden Fakultät Umweltwissenschaften]. <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A30925/attachment/ATT->

1/?L=1

MAE. (2019). *Plan de Manejo de la Reserva Marina Galera San Francisco Producto 4 Plan de Manejo de la Reserva Marina Galera San Francisco.*

Mero-Del Valle, D., Castillo-Ruperti, R., & Figueroa-Pico, J. (2015). Distribución de tallas y potencial reproductivo de hembras de langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Santa Rosa, Manabí, Ecuador. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(1), 125–134. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572015000100010>

Mero Del Valle, D. (2015). *Patrones alométricos en la tasa de crecimiento y su inherencia en el dimorfismo sexual de Panulirus gracilis (Streets, 1871) en cautiverio* [Universidad de Guayaquil]. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11875/1/TESIS maestría MERO DAVID.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11875/1/TESIS%20maestria%20MERO%20DAVID.pdf)

Mero Del Valle, D., Figueroa, J., & Palleiro, J. S. (n.d.). *Revista Hippocampus 2.*

Ministerio de Acuicultura y Pesca. (2001). *Acuerdo Ministerial N° 182, regulación de talla y veda de langosta.* <https://proyectomarinocostero.com.ec/wp-content/uploads/2020/03/Planes-de-manejo-Langosta-Corvina-y-Pulpo-Nazca-VF.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2019). *Plan de Manejo de la Reserva Marina Galera San Francisco.* Subsecretaría de Gestión Marina y Costera. *Conservación Internacional Ecuador.* https://www.proyectomarinocostero.com.ec/wp-content/uploads/2020/03/PM_RMGSF_09.12.19.pdf

Murillo-Posada., Oviedo., Loor., C. (2013). Estado del recurso langosta verde *Panulirus gracilis*, y percepción de pescadores sobre las pesquerías de Anconcito, Provincia de Santa Elena. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 1(2).

Murillo-Posada, J. C., Salas, S., & Velázquez-Abunader, I. (2019). Factors affecting relative abundance of low-mobility fishing resources: Spiny lobster in the Galapagos Marine Reserve. *PeerJ*, 2019(7). <https://doi.org/10.7717/peerj.7278>

- Naranjo Madrigal, H. (2011). Biología pesquera de la langosta *Panulirus gracilis* en playa Lagarto, guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 619–633. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3128>
- Narváez, P. (2015). Demografía de ballenas jorobadas en la Reserva Marina Galera San Francisco. In *Universidad San Francisco De Quito*.
- Pajaro, M. G., Mulrennan, M. E., & Vincent, A. C. J. (2010). Toward an integrated marine protected areas policy: Connecting the global to the local. *Environment, Development and Sustainability*, 12(6), 945–965. <https://doi.org/10.1007/s10668-010-9233-0>
- Pérez-González, R. (2011). Composición de la captura de la langosta espinosa *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en la costa oeste de México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(2), 225–235. <https://doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-4>
- Pitcher, C. R. (1993). *Spiny Lobster*. /www.ffa.in
- Puga-López, D., Patiño-Valencia, J., Hernandez-Cobarruvias, V., Ulloa-Ramírez, P. A., Torres-Herrera, M. R., & Ponce-Palafox, J. T. (2015). Aspectos reproductivos de la langosta espinosa *Panulirus spp.* en las costas de Nayarit, México. *Ciencia Pesquera*, 23(1), 13–24.
- Rose, K. A., Fiechter, J., Curchitser, E. N., Hedstrom, K., Bernal, M., Creekmore, S., Haynie, A., Ito, S. ichi, Lluch-Cota, S., Megrey, B. A., Edwards, C. A., Checkley, D., Koslow, T., McClatchie, S., Werner, F., MacCall, A., & Agostini, V. (2015). Demonstration of a fully-coupled end-to-end model for small pelagic fish using sardine and anchovy in the California Current. *Progress in Oceanography*, 138, 348–380. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.01.012>
- Royce, W. F. (1996). *Introduction to the Practice of Fishery Science* (William F. Royce (ed.); Academic P). College of Ocean and Fishery Sciences, University of Washington, Seattle, Washington. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-600952-1.X5000-2>

- Rubén Lara; Díaz Mondragón & Peters. (2019). Perspectivas sobre los mares y costas de México. Una nueva agenda para el desarrollo sustentable y sostenible. In Comité Editorial de la Secretaría de Desarrollo Institucional de la UNAM (Ed.), *Universidad Nacional Autónoma de México* (Primera ed).
- Sharma, R., Porch, C. E., Babcock, E. A., Maunder, M., & Punt, A. E. (2019). *Recruitment : Theory , Estimation , and Application in Fishery Stock Assessment Models Recruitment :* U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum. <https://doi.org/https://doi.org/10.25923/1r2p-hs38>
- Villón., Cedeño., Correa., P. (2000). *Situación actual del recurso langosta (Panulirus gracilis) en la costa continental ecuatoriana.* (p. 12 pp). Instituto Nacional de Pesca, Quito.
- Weinborn. (1977). Estudio preliminar de la biología, ecología y semicultivo de los palinúridos de Zihuatanejo, Gro., México. *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier). *An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 4(1), 27–78. <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/centro/1977-1/articulo21.html>
- Zambrano-Vélez; Rodríguez-Ríos. (2019). EL DERECHO DE LA NATURALEZA. EL CASO DE LA LANGOSTA VERDE (*PANULIRUS GRACILIS*) EN CALETAS PESQUERAS DE LA COSTA CONTINENTAL DEL ECUADOR. *Tantalus*, 2(3), 70–75. https://www.researchgate.net/profile/Piedad-Morillo-Velarde/publication/345903736_Situacion_Actual_Retos_y_Pespectivas_de_la_Pesca_y_la_Acuacultura_en_Mexico/links/5fb1601b299bf10c3680f727/Situacion-Actual-Retos-y-Pespectivas-de-la-Pesca-y-la-Acuacultura-