



Evaluación de la Población de camarón pomada (*Protrachypene precipua*) del Golfo de Guayaquil, Ecuador

Reporte N° 7

Guayaquil, julio 2021

Autores

Dr. Cristian M. Canales
Msc. Mauricio Ibarra
Msc. David Chicaiza

Colaboradores

Walter Méndez, Francis Nicolaidis, y Jorge Correa

Revisado por

Dr. Enrique Morales



Este documento fue elaborado en el marco del proyecto Cadenas Mundiales Sostenibles de Productos del Mar- Ecuador. Esta iniciativa es liderada por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca del Ecuador, con el apoyo técnico del Programa de las Naciones para el Desarrollo (PNUD), Sustainable Fisheries Partnership (SFP) y financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés).

Para citar este documento:

Canales, C. M., M. Ibarra, D. Chicaiza, 2021. Evaluación de la Población de camarón pomada (*Protrachypene precipua*) del Golfo de Guayaquil, Ecuador. Honolulu: Sustainable Fisheries Partnership Foundation e Instituto Público de Acuicultura y Pesca, Ecuador. 70 p.

Resumen

Se realizó la evaluación de la población de camarón pomada (*Protrachypene precipua*) del Golfo de Guayaquil. Se consideraron los parámetros biológicos citados en la literatura y estimaciones de desembarques generadas a partir de la información proveniente del monitoreo de la pesca de este recurso, realizado por el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP). Los análisis fueron abordados sobre la base de dos tipos de modelos alternativos: uno para datos limitados en condiciones de equilibrio (LBPA), y otro, un modelo estadístico de captura a la edad con datos en longitudes, ajustado a las composiciones de tallas de las capturas, series de CPUE y desembarques (MESTOCKL) trimestrales entre 2005 y 2020. En el primer modelo de análisis (LBPA) se utilizaron distintos grupos de trimestres. En los tres casos analizados la condición del stock dio cuenta de una población reducida entre 15% y 20% de la biomasa virginal (B_0) y un nivel de esfuerzo de pesca (mortalidad por pesca) entre 4.2 y 6.4 veces el valor de referencia $F_{40\%}$. Los resultados obtenidos se explican por la ausencia de individuos grandes. Por su parte, el modelo de evaluación estructurado en edades MESTOCKL muestra que los reclutamientos han variado estacionalmente sin mayores tendencias entre años, en tanto la mortalidad por pesca ha excedido permanentemente valores de referencia de manejo pesquero. La productividad de la población depende fuertemente de los pulsos estacionales de los reclutamientos. Esta estacionalidad se caracteriza por un máximo concentrado durante el segundo trimestre de cada año y mínimo hacia el cuarto trimestre. La presión de pesca hoy en día se concentra sobre una población juvenilizada y la escasa presencia de ejemplares sobre 10 cm de longitud total hace suponer una reducción considerable del potencial reproductivo. Para el 2020 el valor promedio de la mortalidad por pesca trimestral podría haber superado en 3.58 veces la mortalidad de referencia (sobrepesca), en tanto la población desovante se encontraría en torno al 21% (promedio) de la biomasa virginal (B_0) (sobreeplotación). Las perspectivas de la población pasan por la reducción del esfuerzo de pesca en al menos un 70% y del aprovechamiento estacional de los reclutamientos. Al respecto se recomienda fortalecer el seguimiento de la pesquería y cautelar el período del reclutamiento por medio de una veda extractiva durante el segundo trimestre del año. Del mismo modo y con el fin de evaluar alternativas para su recuperación, se recomienda realizar evaluación de estrategias de manejo. Las estrategias de manejo deberían estar sustentadas en objetivos alcanzables, medibles (puntos de referencia) y acordadas con pescadores y partes interesadas.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción.....	5
2. Antecedentes.....	7
2.1 Pesquería.....	7
2.2 De la especie.....	10
2.2.1. Ciclo de vida.....	12
2.2.2 Aspectos reproductivos.....	13
2.2.3 Crecimiento y mortalidad.....	14
3. Metodología.....	16
3.1. Datos y parámetros biológicos.....	16
3.2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	17
3.2.1 Análisis de cluster.....	18
3.3. MODELOS DE ANÁLISIS.....	19
3.3.1 Length-based pseudo-cohort analysis (LBPA).....	20
3.3.2 Modelo integrado de evaluación (MESTOCKL).....	21
4. Resultados.....	25
4.1. Estimación del índice de abundancia.....	25
4.2. Length-based pseudo-cohort Analysis (LBPA).....	29
4.3. Modelo integrado de evaluación (MESTOCKL).....	36
5. Discusión.....	45
6. Conclusiones.....	48
7. Referencias Bibliográficas.....	49
Anexos.....	56

1. Introducción

La gestión de los recursos pesqueros requiere de la evaluación de poblaciones para conocer los rendimientos que son sostenibles a largo plazo. En muchos países, este no es un requisito legal, pero es fundamental para lograr una explotación sustentable de los recursos pesqueros, basada en objetivos de captura de largo plazo. Los científicos pesqueros trabajan para incorporar índices y relaciones funcionales en la evaluación de poblaciones, para mejorar los pronósticos de las implicaciones del cambio ambiental y la pesca en el estado actual y futuro de esos recursos, por lo que, modelar el estado de una población, es importante para poder pronosticar la productividad y los niveles de explotación que esta puede soportar.

La captura de camarón marino, es una actividad pesquera tradicional e importante en el Pacífico ecuatoriano (Correa *et al.*, 2006). Si bien el volumen de desembarque, comparativamente, es menor que el de otras especies, como atunes o sardinas, el valor de mercado es superior, de acuerdo a lo señalado por Agüero & Guamán (2011). Estos autores mencionan, además, que los camarones penaeidos, constituyen la principal especie objetivo de la pesca de arrastre del camarón de Ecuador. En efecto, en su costa pacífico norte, existen cuatro especies de interés comercial: *Farfantepenaeus californiensis*

(Holmes 1900), *Litopenaeus vannamei* (Bonne 1931), *Farfantepenaeus brevisrostris* (Kingsley 1878), *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1871) (García-Sáenz *et al.*, 2009).

Por otra parte, existe la flota pomadera, que dirige sus esfuerzos, principalmente, a la captura de camarón pomada (*Protrachypene precipua*) y como parte de su fauna acompañante se captura camarón titi o chiva (*Xiphopenaeus riveti*) y camarón cebrá (*Trachypenaeus byrdi*) (Chicaiza *et al.*, 2008).

Específicamente, la actividad pesquera sobre el recurso camarón pomada *P. precipua* (Burkenroad 1934), se inicia hacia el final de la década de 1950 e inicio de la década de 1960 (Cobo & Loesch, 1966; Chicaiza *et al.*, 2009) y se ha desarrollado, principalmente, entre Punta Chanduy y Data de Villamil, y en la Isla Puná (Bajo de Cauchiche – al sur de Punta Brava), en donde opera una flota arrastrera, exclusivamente, sobre esta especie. Otras áreas de extracción, se encuentran al norte del pacífico ecuatoriano, en el estuario del río Esmeraldas y en otras localidades pesqueras a lo largo de la costa ecuatoriana, en las que se captura este recurso con menos intensidad y a nivel artesanal (Nicolaidis *et al.*, 2012)

Se estima que la pesquería industrial del camarón pomada genera ingresos anuales entre US\$4,5 y US\$5 millones y aproximadamente US\$1 millón en utilidades



operativas para la flota. El 75% de la producción del sector industrial se destina a la exportación, principalmente a Estados Unidos y la Unión Europea (Miranda, 2011).

La importancia económica de esta pesquería y los efectos negativos de la explotación llevaron al gobierno de Ecuador, desde la década de 1980, a introducir medidas para el manejo de la captura de camarones mediante redes de arrastre. Desde entonces, se han aplicado diversas reglamentaciones, tales como zonas exclusivas para la pesca artesanal (Acuerdo Ministerial N° 2305/06-08-1984), zonas protegidas (Acuerdo Ministerial N° 134/24-07-2007), cumplimiento de características técnicas de las artes de pesca (Acuerdo Ministerial N° 019/09-03-2010), prohibición para la actividad pesquera de arrastre, excepto para camarón pomada (Acuerdo Ministerial N° 020/13-03-2012), para cuya pesquería, se establecieron medidas de ordenamiento, regulación y control (Acuerdo Ministerial N° 426-A/05-10-2012 y 019/06-02-2013), tales como la veda anual desde el 15 de febrero al 15 de abril, el establecimiento de “zonas permitidas para la actividad pesquera” de la flota industrial del camarón pomada, correspondiente a dos áreas del Golfo de Guayaquil más allá de 1 milla de la costa y el límite de captura diario de 5.000 lb por barco (VAP, 2017).

En concordancia con las medidas mencionadas anteriormente, en 2014 se estableció el “Plan de Acción Nacional para la Conservación y el Manejo del recurso camarón pomada (*Protrachypene precipua*) en Ecuador”, cuyo propósito es “articular las medidas de manejo pesquero entre todos los sectores que aprovechan el recurso camarón pomada, mejorar el nivel de conocimiento científico, dar cumplimiento con las normas vigentes, y fomentar la participación de los usuarios del recurso en el manejo, investigación y control” (Acuerdo Ministerial N° 231/29-08-2014). Si bien todas estas acciones, son conducentes hacia la explotación sustentable del recurso, en el caso de la pesquería de camarón pomada, además es importante implementar medidas de administración, basadas en la mejor información científica disponible, para asegurar que la presión pesquera se adecúe a su capacidad reproductiva. De esta manera, la ciencia pesquera se convierte en un pilar fundamental para el manejo pesquero, porque permite a los administradores de este recurso, tomar decisiones con información técnica y por ende imparcial. Por estas razones, este trabajo se centra, primero, en resumir y sintetizar la información disponible sobre *P. precipua*, en el Golfo de Guayaquil y, posteriormente, con esta, realizar una evaluación indirecta del stock, para determinar el estado de explotación en el que se encuentra.

2. Antecedentes

2.1 Pesquería

La captura de camarón langostino (*L. vannamei*, *L. stylirostris*, y *L. occidentalis*), en Ecuador, comenzó en 1952, cuando comienzan a operar los primeros barcos camaroneros, similares a los que operaban, en esa época, en el Golfo de México, alcanzado en 1954 cerca de 28 embarcaciones, las que, en conjunto, capturaron 660 toneladas (Cobo & Loesch, 1966). La flota camaronera tuvo fluctuaciones en el número de embarcaciones que operaban, alcanzando 297 en el año 1987, cuyas capturas ascendieron a 7171 toneladas (Correa *et al.*, 2007). En 1998 se registró un total de 195 barcos operativos, descendiendo a 156 en 2011.

Cómo se mencionó anteriormente, en 2012 se estableció la prohibición para la actividad pesquera de arrastre, excepto para camarón pomada. Particularmente, la actividad pesquera sobre este último, se inicia en 1956, año en que operaron 5 embarcaciones arrastreras (SGMC, 2012). Posteriormente, la flota tuvo fluctuaciones en el número de embarcaciones, similar a lo ocurrido en la flota camaronera langostinera. Es así como, en la década de 1990, el número de embarcaciones operativas ascendió a 74 (Bucaram, 2018), disminuyendo a 37 en 2014 (VAP, 2017).

En esta pesquería, trabajan a bordo de las embarcaciones, alrededor de 222 personas, considerando que, en promedio, cada embarcación posee habitabilidad para 6 personas y que, en la actualidad, el número de embarcaciones operativas asciende 37 (Bucaram, 2018). Se estima que 30 personas actúan como armadores y, por otra parte, si bien no existen registros oficiales, se estima que la pesquería genera alrededor de 1200 puestos de trabajo indirectos a mujeres, que se dedican, principalmente, al procesamiento del camarón (VAP, 2017).

Las embarcaciones están construidas de madera, cuya eslora mide entre 10 y 25 m de largo. Poseen bodegas de cuatro toneladas de capacidad y la potencia de los motores varía entre 150 y 200 HP (Chicaiza *et al.*, 2008; VAP, 2017). El tonelaje de registro neto (TRN) promedio de estas embarcaciones, es 13,69 metros cúbicos (SGMC, 2012). La mayoría de los barcos pomaderos no cuentan con sistemas de refrigeración a bordo, por lo tanto, usan hielo para mantener la cadena de frío hasta desembarcar la captura (VAP, 2017). El uso de dispositivos de monitoreo satelital (DMS) es obligatorio en todas las naves pesqueras. Algunas embarcaciones utilizan sistemas de sonar para detectar el tipo de fondo y la posible presencia de camarón pomada.

La flota pomadera opera actualmente en los exteriores del Golfo de Guayaquil, y tiene como principal sitio de desembarque el puerto de Posorja (**Figura 1**). Esta es la única zona donde se llevan a cabo lances industriales de arrastre de camarón pomada en Ecuador. Lo anterior se debe, principalmente a las restricciones impuestas por la entidad que administra los recursos pesqueros, además de que sus artes de pesca solo pueden ser caladas en bajas profundidades, entre 2 y 4 brazas o 3,7 a 7,3 metros de profundidad (Nicolaidis *et al.*, 2011) y el Golfo de Guayaquil presenta aguas someras, más allá de la zona de 1 milla, que es lo señalado en los reglamentos pesqueros emitidos por la autoridad gubernamental, para proteger a ejemplares juveniles de esta y otras especies hidrobiológicas.

Actualmente, la flota opera en dos áreas de pesca, de acuerdo a la reglamentación pesquera vigente y cada una de las mencionadas áreas está integrada por diferentes localidades. Es así, como el Área 1 (Playas) que está compuesta desde General Villamil Playas (2°36,925'S – 80°29,95'W); hasta Casa de los Prácticos (2°43,575'S – 80°19,322'W) y Área 2 (Puná), que está compuesta desde Punta norte de Puná (2°50,000'S – 80°16,417'W); hasta Cierre

de la Plástica (3°3,319'S – 80°12,923'W) (Acuerdo Ministerial MPCEIP – SRP-2020-0085-A/27-07-2020).

La pesca del camarón pomada, se realiza con el sistema de arrastre doble, por babor y estribor en paralelo (**Figura 2**). Para ello, la embarcación posee dos tangones o botalones, en las bandas, además de winche virador y cable de arrastre (Agüero & Guamán, 2011).

El arte de pesca utilizado por las embarcaciones (**Figura 3**), es una red de arrastre cónica dividida en secciones o paños. Mientras la red opera, las alas permanecen abiertas, por la resistencia que ejercen, contra el agua, los tableros de madera rectangular o portalones de 2x4 m², adosado a las malletas del arte de pesca. Los portalones poseen un patín de hierro en la base para soportar la interacción con el fondo marino. Además, las redes poseen dispositivos de flotación en la relinga superior y cadenas con peso en la relinga inferior, para mantener la altura de la boca de la red. El largo, varía entre 12 y 24 metros y la luz de malla mide entre 1,25 y 1,5 pulgadas (Chicaiza *et al.*, 2007). El uso de dispositivos excluidores de tortugas (TEDs, por sus siglas en inglés) es obligatorio para toda la flota.



Figura 1. Zona de pesca de los barcos arrastreros pomaderos de Posorja. Fuente: Nicolaidis *et al.*, 2011.

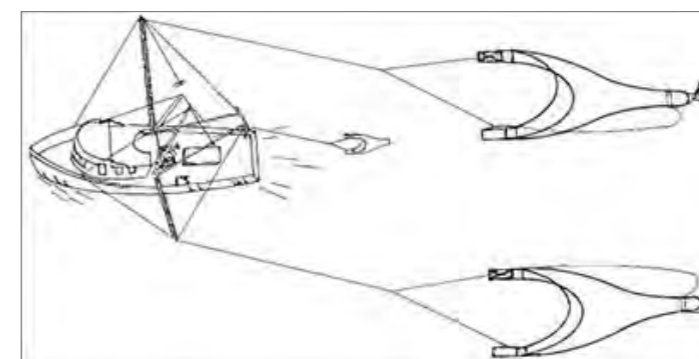


Figura 2. Esquema de operación del sistema de arrastre doble. Fuente: Agüero & Guamán, 2011.

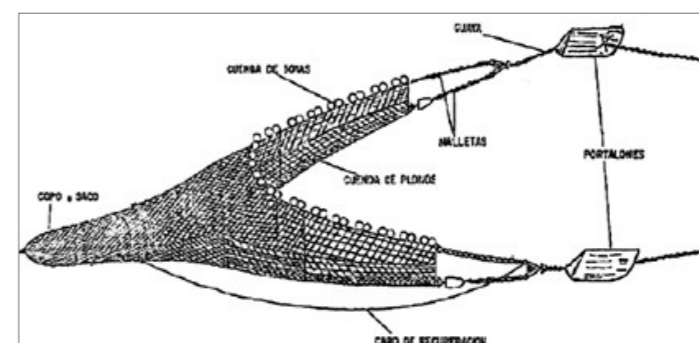


Figura 3. Esquema de una red de arrastre industrial para la captura de camarones. Fuente: SGMC, 2012.

2.2 De la especie

El camarón pomada (**Figura 4**), es un crustáceo decápodo perteneciente a la familia Penaeidae. Los primeros antecedentes, mostraban una distribución desde Nicaragua hasta Ecuador (Holthuis, 1980), pero posteriormente se registró

su presencia en México y Perú (Méndez, 1981; Hendrickx, 1995) (**Figura 5**). Esta es una especie estuarino-costera que habita fondos esencialmente lodosos, hasta 40 m de profundidad, en particular frente a las desembocaduras de los ríos (Hendrickx, 1995).



Figura 4. Camarón pomada (*Protrachypene precipua*, Burkenroad 1934). Fuente: Suárez (2017).

De esta especie se registran capturas en El Salvador y Nicaragua, como fauna acompañante en lances de pesca artesanales e industriales de *Litopenaeus vannamei*, *L. occidentalis* y *L. stylirostris* (camarón blanco), *Farfantepenaeus californiensis* (camarón café) y *F. brevisrostris* (camarón rojo) (López 2007, López Mendoza 2009), no obstante, lo anterior, no existen antecedentes suficientes

para definir con precisión la distribución del stock o población. A pesar de esto, se podría señalar que las mayores abundancias se registran en el Golfo de Guayaquil, en donde se desarrolla una intensa pesca industrial (**Figura 6**) y en la zona norte de la provincia de Esmeraldas, donde es capturada principalmente de manera artesanal (Ormaza-González, 2007).



Figura 5. Distribución geográfica del camarón pomada (*P. precipua*). Fuente: <https://www.sealifebase.ca/summary/Protrachypene-precipua.html>

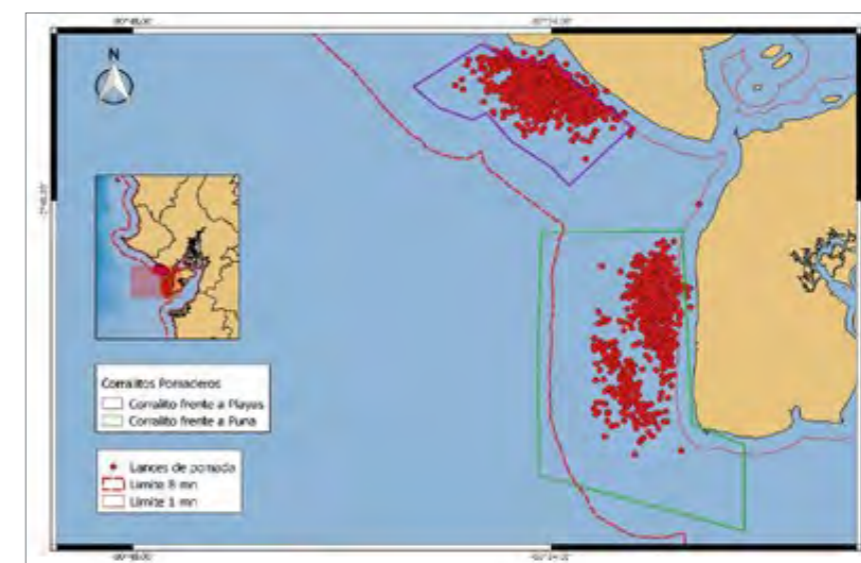


Figura 6. Distribución espacial de la flota de arrastre industrial que captura camarón pomada en el Golfo de Guayaquil. Fuente: Chicaiza *et al.*, 2019.

2.2.1 Ciclo de vida

Su ciclo de vida (Figura 7) incluye 11 estadios larvales. La fase planctónica (larvas y postlarvas) tiene una duración aproximada de 3 semanas, momento en el cual los animales han alcanzado entre 6 y 14 mm de longitud total y presentan un aspecto similar al del camarón adulto. Las postlarvas ingresan a los esteros, abandonando su modo de vida planctónica, pasando a formar parte del bentos en las zonas litorales (INP, 2016).



Figura 7. Ciclo de vida de la familia Penaeidae tropical o subtropical. Fuente: INP, 2016.

En estos fondos, los ejemplares crecen aceleradamente, alcanzando rápidamente el estadio juvenil, y a medida que aumentan su tamaño, van regresando gradualmente a las zonas de descarga de los ríos o estuarinas en donde se convierten en sub-adultos. Posteriormente, estos ejemplares migran mar afuera, hacia las zonas de reproducción y, de esta manera, completan su ciclo de vida.

Generalmente las especies de esta familia alcanzan su madurez sexual antes de haber cumplido un año de edad (Hendrickx, 1995).

P. precipua, como la mayoría de las especies de la familia Penaeidae, se caracteriza por tener un ciclo de vida corto, cuya longevidad no superaría los tres años (Chicaiza *et al.*, 2008, Nicolaidis *et al.*, 2011).

2.2.2 Aspectos reproductivos

P. precipua presenta actividad reproductiva continua durante todo el año con formación de gametos, presentando un período de mayor actividad en la época cálida del año, entre diciembre y abril (Nicolaidis *et al.*, 2012). En concordancia con lo anteriormente señalado, la mayoría de los estudios muestran importante presencia de ejemplares con gónadas vacías durante todo el período, pero en menor proporción en el segundo semestre, en donde la proporción de hembras con gónadas en desarrollo aumenta (Chicaiza *et al.*, 2007; Chicaiza *et al.*, 2008; Nicolaidis *et al.*, 2011, Méndez *et al.*, 2011).

Chicaiza & Méndez (2012), realizaron un análisis global (2005-2010), determinando que el porcentaje de hembras maduras como índice de la población reproductora es bajo

(4%), lo que según estos autores, se podría explicar por dos situaciones: "1) que la mayoría de las hembras maduran dentro del sistema estuarino y migran al exterior para llevar a cabo el desove en aguas oceánicas, permaneciendo una fracción de ellas dentro de los estuarios del Golfo de Guayaquil o 2) que las hembras maduras que se encuentran mar afuera, se acercan a la costa a desovar y por acción de las corrientes son arrastradas hacia el interior de los estuarios", todo lo anterior considerando el ciclo de vida que presentan los camarones penaeidos (García & Le Restre 1986).

Los antecedentes, sobre *P. precipua*, muestran tallas de madurez sexual, en que el 50% de los ejemplares se encuentran maduros (TMS50%) entre 6,60 y 7,63 cm de longitud total (Tabla 1).

Tabla 1. Talla de madurez sexual de *P. precipua*, determinada en diferentes investigaciones.

Autores	a	b	LT50% (cm)	LT95% (cm)	Zona
Chicaiza <i>et al.</i> (2007; 2008; 2009)	24.6	3.2	7.60	8.51	Posorja
Chicaiza & Méndez (2012)	11.6	1.8	6.60	8.95	Costa ecuatoriana
Nicolaidis <i>et al.</i> (2012)	17.0	2.2	7.63	8.95	Posorja y Esmeraldas

2.2.3 Crecimiento y mortalidad

Respecto de la relación talla-peso para *P. precipua*, existen diversas estimaciones, pero parte importante de estas, se encuentran fuera del rango normal para el parámetro de alometría b (2.5–3.5), de acuerdo a lo

establecido por Carlander (1969; 1977). De esta manera, para este trabajo, de los parámetros seleccionados (Tabla 2), se utilizaron los estimados por Chicaiza *et al.* (2019).

Tabla 2. Parámetros de la relación talla-peso, estimada para *P. precipua*.

Autores	a	b	Sexo	Zona
Chicaiza <i>et al.</i> (2009)	2.38E-02	2,6		
Nicolaidis <i>et al.</i> (2011)	1.46E-02	2,8	Ambos	Posorja
Nicolaidis <i>et al.</i> (2012)	2.15E-02	2,6		
Castro <i>et al.</i> (2016)	1.15E-02	2,7	Ambos	
Suárez (2017)	1.83E-02	2,7	M	Esmeraldas
	8.40E-03	3,1	H	
Chicaiza <i>et al.</i> (2019)	2.76E-02	2,5		
	1.33E-02	2,9	Ambos	Posorja

Los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy (1934), se emplean en una serie de modelos utilizados en la evaluación de recursos pesqueros (Punt, 2003; Maunder *et al.*, 2015; Francis *et al.*, 2016; Punt *et al.*, 2016, Canales *et al.*, 2021). En este sentido, las estimaciones de la longitud asintótica (L_{∞}) para el camarón pomada, varían entre 9,0 y 10,9 cm de LT y el rango de valores del coeficiente de crecimiento, expresado como K , se encuentra entre 1.01 y 2.1 (Tabla 3). En

este trabajo, se seleccionaron los parámetros estimados por Nicolaidis *et al.* (2011), para el rango de años 2005-2010, obtenidos mediante progresión modal.

Por otra parte, la tasa de mortalidad natural para *P. precipua* ha sido estimada por diferentes autores, variando entre 0,89 y 2,96 (Tabla 4). Para efectos del análisis, se consideró un valor $M=2,57$ (Nicolaidis *et al.*, 2012) correspondiente a una longevidad menor que 3 años.

Tabla 3. Parámetros de crecimiento estimados para ambos sexos de *P. precipua* en el Golfo de Guayaquil. Todos los datos provienen del muestreo de capturas en Posorja (Guayaquil, Ecuador). En negrilla se destaca el conjunto de parámetros empleados en los modelos de análisis

Referencia	Método	L00 (mm)	k	t0	Período
Chicaiza <i>et al.</i> (2007)	1	9.0	2.00	-	abr-dic 2006
		10.2	2.10	-	
Chicaiza <i>et al.</i> (2008)	1	10.0	1.20	-	mar-dic 2007
Chicaiza <i>et al.</i> (2009)	1	10.3	1.01	-	ene-dic 2008
		10.9	1.52	-0.14	
Nicolaidis <i>et al.</i> (2011)	2	10.9	1.10	-0.19	2005-2010
		3	10.9	1.56	
Nicolaidis <i>et al.</i> (2012)	1	10.9	1.26	-0.17	2005-2011

(1) Progresión modal, (2) Progresión modal (K Scan), (3) Progresión modal (Response surface)

Tabla 4. Mortalidad natural, estimada para ambos sexos de *P. precipua*. En negrilla se destaca la estimación empleada para fines de evaluación.

Autor	M	Método
Chicaiza <i>et al.</i> (2008)	2.57	Rikhter & Efanov (1976)
Chicaiza <i>et al.</i> (2009)	2.23	Rikhter & Efanov (1976)
Nicolaidis <i>et al.</i> (2011)	2.96	Pauly (1980)
Nicolaidis <i>et al.</i> (2012)	2.57	Pauly (1980)
	0.89	Taylor (1960)
Chicaiza (2013)	1.72	Rikhter & Efanov (1976)
	2.09	Pauly (1980)



3. Metodología

3.1 Datos y parámetros biológicos

• Capturas

Los datos de desembarque corresponden al periodo 2005-2020. Estas estadísticas fueron proporcionadas por el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP),

y dividida en capturas trimestrales (Figura 8) según la escala temporal empleada en los análisis de dinámica poblacional.

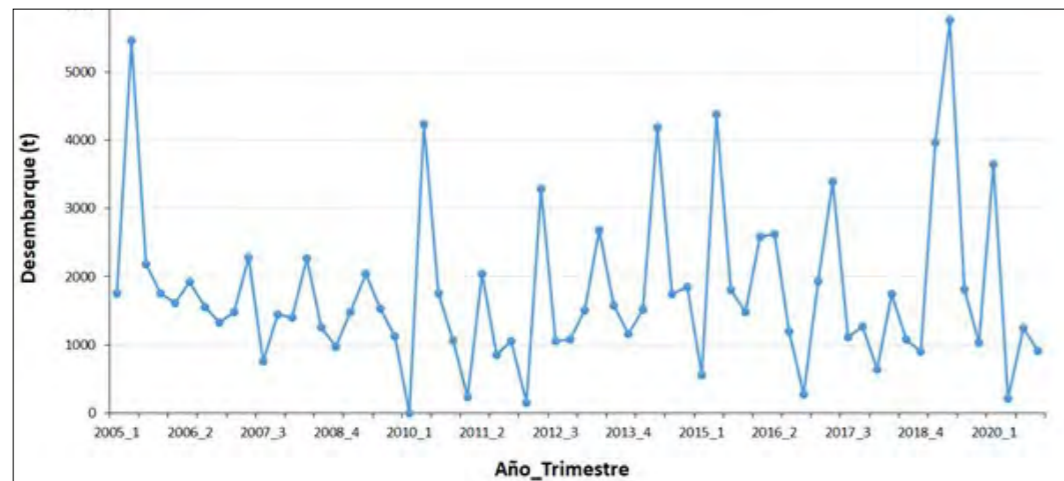


Figura 8. Estadísticas de los desembarques, reconstruidas, de camarón pomada del Golfo de Guayaquil, Ecuador. Período 2005-2020.

• Composiciones de tallas

Se consideró la información de estructuras de longitud total generada por IPIAP desde 2005 hasta 2020. Esta información proviene del monitoreo y/o seguimiento a la pesca del camarón pomada. La elaboración de las frecuencias de tallas se realizó considerando intervalos de 0.3 cm de longitud total y escala trimestral (Figura 9). La proporción de tallas muestra que en general el reclutamiento se produce el segundo o tercer trimestre.

Se observa además que el último paso de buenos reclutamientos fue el tercer trimestre de 2016, lo cual se observa por medio del incremento en la proporción de individuos mayores a 8.7 cm de LT (Tabla 5). Posterior a este año, la captura ha estado representada principalmente por individuos que se encuentran entre 7.5 y 8.1 cm de LT y menor presencia de grandes reproductores.

3.2 Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Considerando la necesidad de contar con índices de abundancia relativa para la evaluación indirecta del stock de camarón pomada, se utilizó la información de captura y esfuerzo disponible desde 2015 hasta 2020, dividida trimestralmente. Se obtuvo la captura por unidad de esfuerzo estandarizada (CPUE) utilizando la metodología descrita por Maunder & Punt (2004), la cual consiste básicamente en el modelamiento de las tasas de captura en función de un conjunto

de variables predictoras (fijas y aleatorias), mediante modelos lineales de efectos fijos (LM) y mixtos (LMM) (Ver Anexo I).

Para realizar la modelación, se utilizó el supuesto de errores de observación multiplicativos lognormales considerando la asimetría positiva que presentan los rendimientos de pesca. En particular, el modelo base de estandarización utilizado es de la forma:

$$Y_{ijkl} = \exp(\alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha_i\beta_j)\exp(\epsilon_{ijkl})$$

o equivalente:

$$\ln(Y_{ijk}) = \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha_i\beta_j) + \epsilon_{ijkl}$$

donde Y_{ijkl} corresponde al l -ésimo rendimiento de pesca observado en el año trimestre i -ésimo, en la zona j -ésima, obtenida por el barco k -ésimo, α es vector de parámetros asociados al año trimestre, β es el vector de parámetros

de las zonas, γ es el vector de parámetros para los barcos, $\alpha_i \beta_j$ corresponde a la interacción espacio temporal y ϵ es el error aleatorio con distribución de probabilidad normal y varianza constante $\epsilon \sim N(0, \sigma^2)$

De acuerdo a Maunder & Punt (2004), año i -ésimo, a partir del modelo se un estimador de la CPUE para el año i -ésimo, a partir del modelo se obtiene a través de:

$$cpue_i^{\wedge} = \exp\left(\hat{\alpha}_i + \frac{v(\hat{\alpha}_i)}{2}\right)$$

donde $\hat{\alpha}_i$ es el valor del parámetro estimado y $v(\hat{\alpha}_i)$ es la varianza estimada del parámetro α_i , ambos obtenidos a través de máxima verosimilitud, utilizando el ambiente de análisis estadístico R (R Core Team, 2020).

$$v(cpue_i^{\wedge}) = [\exp(\hat{\alpha}_i)]^2 v(\hat{\alpha}_i)$$

3.2.1 Análisis de cluster

Un análisis de conglomerados jerárquico (Peterson, 2002) fue realizado para definir grupos de embarcaciones que presenten similitudes en la posición geográfica (latitud) y rendimientos de pesca. Particularmente, se utilizó el método de Ward (1963), que corresponde a un procedimiento en el cual, en cada etapa,

se unen los grupos o clústeres para los cuales se tenga el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias de cada dato perteneciente a un clúster. La elección del número de clústeres se realizó aplicando el método Silhouettes (Rousseeuw, 1987), en base a similitudes.

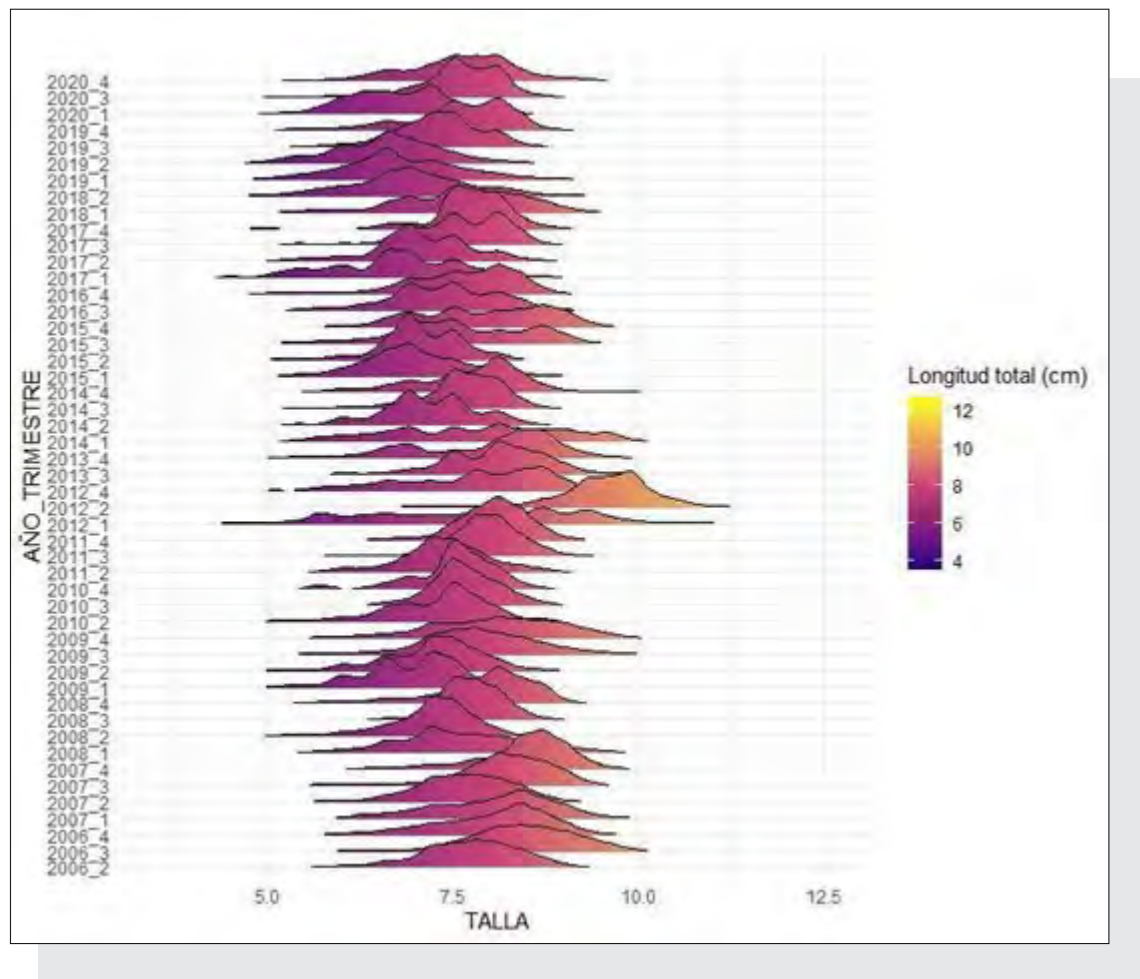


Figura 9. Composiciones de tallas de camarón pomada, generadas a partir de la información del monitoreo de la pesquería.

Tabla 5. Proporciones de longitudes de las capturas 2005-2020. Los colores más oscuros representan la magnitud de las proporciones a la talla.

Año	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8	8.1	8.4	8.7	9	9.3	9.6	9.9	10.2	10.5
2005_1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

3.3 Modelos de Análisis

A partir de la información disponible y considerando su limitada cobertura, se exploraron dos variantes de modelos estadísticos de análisis de dinámica en edades y observaciones en tallas: Un primer modelo consideró un análisis exploratorio para datos limitados donde se asume que las composiciones de tallas son informativas de la presión de pesca, LBPA (Canales *et al.*,

2021). Un segundo modelo correspondió a uno de producción estructurado a la edad, en el cual se integran los índices de abundancia, las series de desembarques y todas las composiciones de tallas de las capturas histórica para generar apreciaciones sobre el estado de las poblaciones (MESTOCKL) (Canales *et al.*, 2014).

3.3.1 Length-based pseudo-cohort analysis (LBPA)

En este modelo de estimación, se estudia el equilibrio cuya dinámica es en edades y las observaciones en tallas. El modelo LBPA (“Length Based pseudo-cohort analysis”) corresponde a un análisis de cohortes a la talla formulado por Canales *et al.* (2021), el cual es de naturaleza similar al modelo “Length Based Spawning Potential Ratio” (LBSPR) de Hodryk *et al.* (2014), pero cuya diferencia radica en la posibilidad de integrar varios años de análisis tratados como muestras aleatorias de una determinada condición poblacional. El modelo provee estimación de la mortalidad por pesca del período de análisis, el porcentaje de biomasa desovante remanente (SPR) y niveles de referencia (PBR) de acuerdo con el nivel de reducción de la biomasa desovante objetivo.

El modelo supone que la actividad pesquera es la única responsable de la ausencia de los individuos de mayor tamaño, de manera que a mayor diferencia entre la longitud asintótica (talla promedio de los ejemplares más longevos en estado virginal) y la talla promedio registrada en las capturas, da como resultado que el nivel de mortalidad por pesca se incrementa. El modelo depende fuertemente de los parámetros de historia de vida (crecimiento, madurez y mortalidad) y supone que el reclutamiento y mortalidad por pesca pueden ser representados por un promedio de largo plazo (equilibrio). Este modelo es particularmente útil cuando no se disponen de estadísticas confiables de desembarques, pero si de un muestreo intensivo de tallas de las capturas. Los parámetros biológicos empleados se entregan en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Parámetros biológicos empleados en la evaluación de stock del camarón pomada. *log_aw* y *bw* corresponden al logaritmo del coeficiente de condición y factor de alometría, respectivamente. *L50m* y *L95m* son la talla de madurez al 50% y 95%, y *spawn_time* es la fracción del año en el cual sucede el desove. Los parámetros *k* y *M* están en escala trimestral

#Parámetros Biológicos							
#Loo	k	M	log_aw	bw	L50m	L95m	spawn_time
10.9	0.38	0.64	-4.32	2.92	6.6	8.95	0.25
#Número de edades (supuesto)							
6							

Una extensión de los análisis de equilibrio antes mencionado, consideró la implementación de este modelo sobre tres escenarios de bloques de trimestres en los años más recientes: 12, 8 y 4 trimestres. El modelo resuelve 4 parámetros, los que corresponden a: 1) la mortalidad por pesca de los grupos completamente reclutados a la

pesquería (F_{cr}); 2) la talla del reclutamiento L_0 ; 3) los parámetros L_{50} y 4) rango de la curva logística de selectividad. En todos estos casos se consideran *prioris* informativas cuyos coeficientes de variación fueron fijados en 0.1 (**Tabla 7**). Los detalles de este modelo se presentan en el Anexo II.

Tabla 7. Parámetros iniciales y sus correspondientes coeficientes de variaciones empleados en el modelo LBPA ajustado a datos de camarón pomada. El parámetro *cv* fue supuesto fijo.

#Initial values/priors (parameter, coef. of variation, estimation phase)					
# L50	slope	F	Lr	a0	cv
7.0	1.0	0.45	6.0	0.0	0.1
#coefficients of variation					
0.01	0.1	10.1	0.1	0.5	10.1

3.3.2 Modelo integrado de evaluación (MESTOCKL)

Un modelo estadístico integrado de captura a la edad con datos en longitudes (Maunder & Watters, 2003), permitió recabar información sobre las variaciones en la mortalidad por pesca, los reclutamientos y la biomasa. El modelo, denominado MESTOCKL (Canales *et al.*, 2014), considera la dinámica poblacional modelada en edades y se utilizan las composiciones de tallas de las capturas como observaciones.

El modelo supone un stock cerrado en el cual el reclutamiento es el resultado del “desove” ocurrido dentro de la misma área de distribución de la especie analizada en forma determinista. Se considera un modelo stock-recluta del tipo Beverton y Holt (1957), sensibilizado a distintos niveles de densodependencia ($h=1.0-0.75$). El modelo supone que el reclutamiento ocurre a inicios de cada período de tiempo y se distribuye

sobre un rango de tallas siguiendo una curva de probabilidad normal. La talla promedio y la desviación de la talla del reclutamiento es estimada por el modelo.

Se consideran funciones de verosimilitud, como expresión del error de proceso y observación de las composiciones de tallas,

• Condiciones iniciales

El modelo se inicia el 1er trimestre de 2005, año en el cual la población ya presentaba notables evidencias de explotación (condición no-virginal) (Figura 8). De acuerdo con esto,

• Reclutamientos

Los reclutamientos anuales corresponden al grupo de individuos pertenecientes al grupo de edad que comienza a ser explotado en la pesquería. La talla de reclutamiento es un parámetro a estimar en el modelo

índice de abundancia, desembarques, y desvíos trimestrales del reclutamiento, así como distribuciones a priori o penalizaciones de algunos parámetros de interés. Los parámetros biológicos fueron los mismos empleados en el modelo LBPA. El detalle del modelo se entrega en el **Anexo III**.

la composición de edades fue estimada como perturbaciones aleatorias a la edad en torno a una condición de equilibrio respecto de la mortalidad total de aquel momento.

de evaluación. Para todos los efectos de la relación S/R, la edad relativa del reclutamiento fue supuesta de un trimestre (a_r). El reclutamiento trimestral (y) se modela como:

$$R_y = \frac{4R_0 SSB_{y-a_r}}{SSB_{y-a_r}(5h - 1) + SSB_0(1 - h)}$$

donde SSB es la biomasa desovante, SSB_0 la biomasa desovante virginal y h la inclinación

de la relación S/R (steepness).



• Selectividad y mortalidad por pesca

En el modelo de evaluación, la selectividad es doble normal pero supuesta en forma logística respecto de la edad, lo que significa que a partir de cierta edad/talla todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser capturados. La forma logística se controla por medio de incrementar la segunda desviación de la curva normal.

La mortalidad por pesca es diferente

según la edad/talla del individuo, y se distribuye siguiendo la curva de selectividad antes descrita. La selectividad consideró variabilidad temporal por medio de bloques de trimestres definidos a partir del examen de los desvíos del ajuste del modelo a las composiciones de tallas de las capturas. Los períodos considerados fueron: 2012 (1er trim), 2012 (4to trim), 2018 (2do trim), 2019 (3er trim).

• Peso estadístico de la información

La evaluación indirecta del stock se sustenta en el ajuste estadístico de un modelo a la información. Para tales efectos es necesario precisar el nivel de error que pudiese tener esta información conforme al supuesto de su distribución estadística, destacándose que, en general, los resultados son condicionales a la escala de los desembarques supuestos con

mínimo error de observación ($cv=0.05$). La CPUE se consideró con error de observación $cv=0.2$. Por otro lado, el tamaño de muestra efectivo para el ajuste de las composiciones de tallas de las capturas fue inicialmente supuesto y luego calculado de manera referencial según el estimador de Gavaris & lanelli (2002). El valor empleado fue 50.

• Análisis de casos

El análisis consistió en suponer cambios en el coeficiente de crecimiento (k) y la mortalidad natural (M), dada la variabilidad que presentan estos parámetros en la literatura. En estos ensayos se espera obtener información del impacto que tienen en la condición del recurso. Además de lo anteriormente expuesto, se

consideran variaciones en el parámetro de curvatura de la relación stock-recluta, para determinar si el supuesto de denso-dependencia impacta en los niveles de biomasa y consecuentemente en la condición del recurso. Todo lo anteriormente expuesto, se resume en la **Tabla 8**.

4. Resultados

Tabla 8. Configuración de los casos evaluados en la evaluación de la población de camarón pomada.

Escenario	Configuración
S1	Base (h=1.0)
S2	Base + k y M aumentados al doble
S3	Base + relación S/R h=0.75
S4	Base+ k y M estimados

• Puntos Biológicos de Referencia

Las estimaciones de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca fueron contrastadas respecto de valores de referencia. Se consideró como **Punto Biológico de Referencia** un proxy del *Rendimiento Máximo Sostenido* (RMS) definido por el escape del 40% de la biomasa virginal (B_0), y consecuentemente, el nivel de mortalidad por pesca máximo fue estimado como aquel que genera en el largo plazo el 40% de B_0 (F40%) (Clark, 2002). Los valores fueron obtenidos mediante un modelo por recluta en condiciones de equilibrio.

Por nomenclatura, se denomina estado de sobreexplotación cuando la biomasa poblacional se ubica por debajo del valor de referencia (40%B0), y sobrepesca si la mortalidad por pesca excede el criterio máximo F40%. La sobrepesca equivale a remover más biomasa que la que es generada por la misma población, y por ende determina la disminución de la misma. Esta situación puede determinar la sobreexplotación si no es advertida ni controlada.

• Estado de situación

El diagnóstico del estado poblacional del camarón se resume por medio de un diagrama de fases de explotación o Diagrama de Kobe. En este diagrama se grafican los valores de mortalidad por pesca y biomasa históricos en ejes ortogonales, rescaldados a los valores de los puntos de referencias B40% y F40%.

En este diagrama se pueden advertir si los procesos de sobrepesca y sobreexplotación están ocurriendo, o si alguno de estos estados sucede de manera independiente. Este diagrama permite delinear las acciones de manejo para eventuales esfuerzos de recuperación de la población, si corresponde.

4.1 Estimación del índice de abundancia

La estandarización de las tasas de captura para camarón pomada, consideró el ajuste de modelos de complejidad creciente, comenzando con un modelo lineal de efectivos fijos, para luego incorporar algunas interacciones y finalmente considerar la existencia de efectos mixtos (fijos y aleatorios). En este sentido, se testearon 4 modelos de estandarización: 1) modelo de efectos fijos, 2) modelo de efectos fijos, adicionando la interacción espacio-temporal, igualmente como efecto fijo, 3) modelo de efectos mixtos con la interacción espacio-temporal, también como efecto fijo, pero que considera a la embarcación como efecto aleatorio, 4) modelo de efectos fijos, con la interacción espacio-temporal, como

efecto fijo, pero con el barco como efecto fijo, separado en clúster o conglomerados. La separación de los barcos en grupos o conglomerados, se realizó mediante el análisis de clúster, cuyos resultados mostraron la existencia de dos grupos de embarcaciones (**Figura 10**), principalmente en términos de los rendimientos de pesca (**Figura 11**).

Una vez resueltos los modelos, se seleccionó el número 4, ya que presenta mayor proporción de la desviación explicada (**Tabla 9**). El análisis, muestra que los errores de este modelo, se aproximan a la distribución normal (**Figura 12a**), aún cuanto existe cierta desviación en el extremo izquierdo de la recta de los cuantiles teóricos (**Figura 12b**).

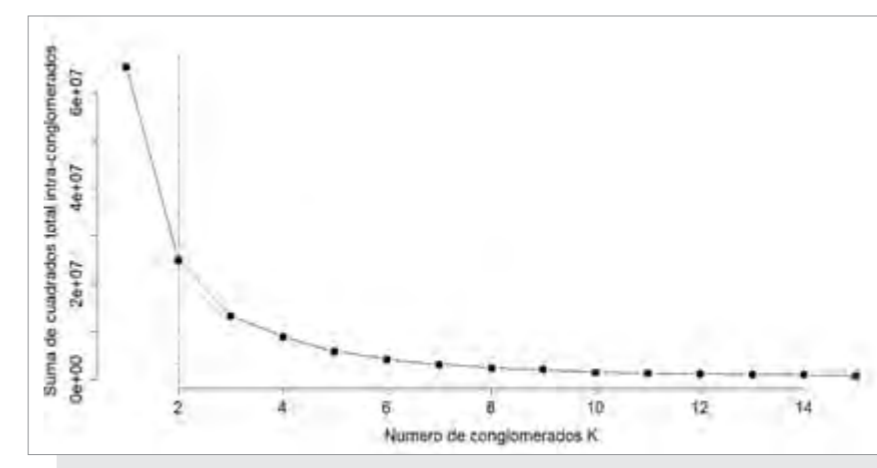


Figura 10. Número de clúster establecidos mediante la metodología de Ward (1963).

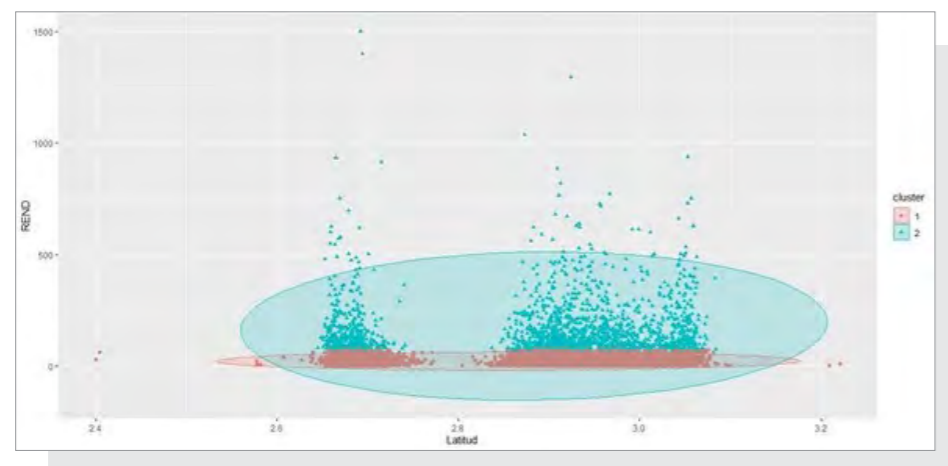


Figura 11. Separación de clúster. Variables aglomerantes: rendimiento y latitud.

Tabla 9. Modelos evaluados y porcentaje de la desviación explicada.

Modelo	Especificación	% desviación explicada
1	Efectos fijos	25.02%
2	Efectos fijos + interacción espacio-temporal	25.70%
3	Efectos fijos + interacción espacio-temporal + barco (efecto aleatorio)	15.44%
4	Efectos fijos + interacción espacio-temporal + cluster barco (efecto fijo)	50.81%

A partir del modelo seleccionado se extrae la componente temporal, que corresponde al rendimiento estandarizado utilizado como índice de abundancia en el modelo de evaluación de stock. En la Figura 13, se observa el rendimiento nominal y

estandarizado. La componente temporal es la que genera mayor impacto en los rendimientos de pesca (Figura 14), aún cuando todos los otros factores son estadísticamente significativos (Tabla 10).

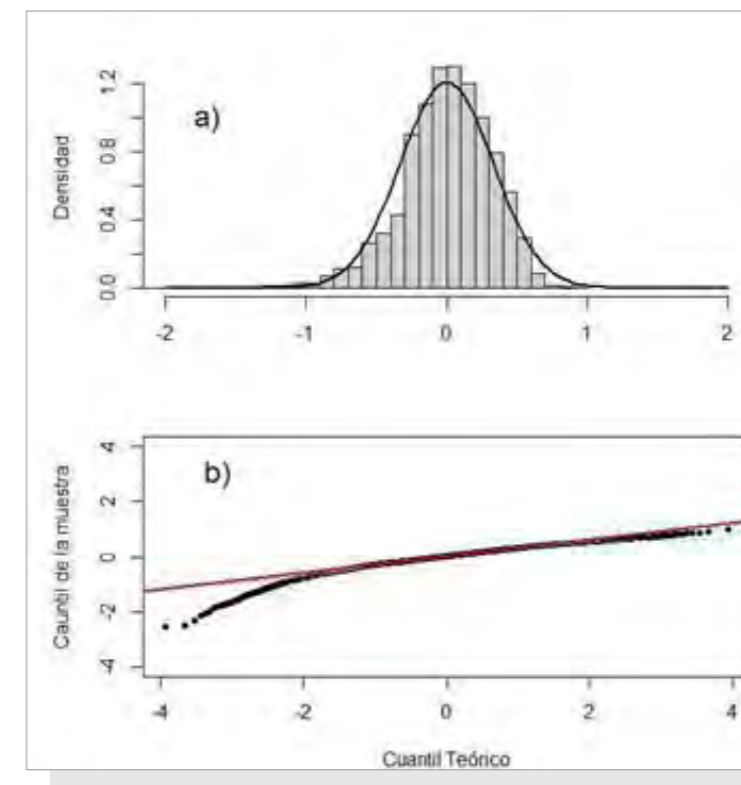


Figura 12. Análisis de residuos de modelo seleccionado: a) Distribución y b) gráfico cuantil-cuantil.

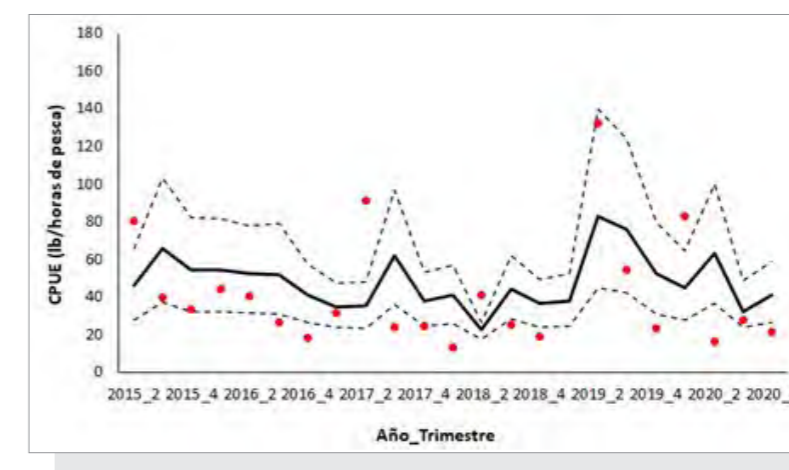


Figura 13. Captura por unidad de esfuerzo estandarizada (CPUE) para camarón pomada, período 2015 a 2020, modelo con efecto fijo Año-subzona y clúster barco. Las líneas punteadas corresponden al intervalo de confianza de 95%. Los puntos rojos corresponden a los rendimientos de pesca nominales medios.

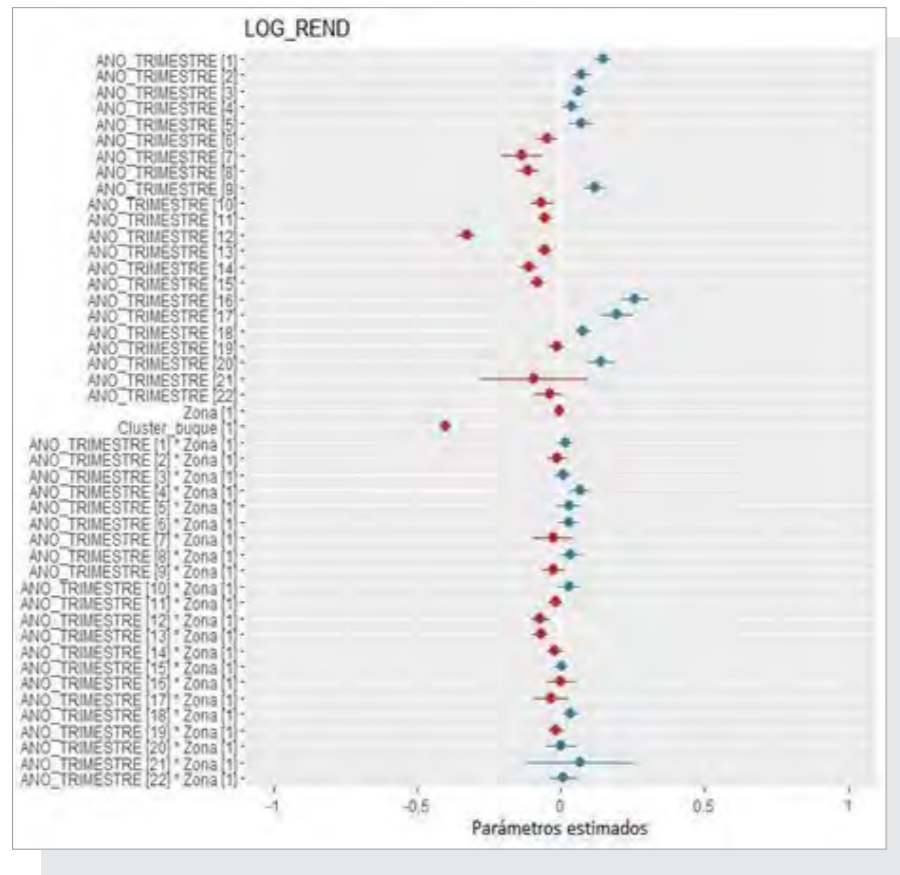


Figura 14. Parámetro (punto) e intervalo de confianza (línea) de los parámetros estimados en el modelo seleccionado.

Tabla 10. Tabla de análisis de varianza (ANOVA), para el modelo seleccionado.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Estadístico F	Valor-p
AÑO_TRIMESTRE	22	610.5	27.75	254.9333	2.20E-16
ZONA	1	3.76	3.76	34.5358	4.30E-09
CLUSTER BUQUE	1	711.95	711.95	6540.5038	2.20E-16
AÑO_TRIMESTRE:ZONA	22	10.16	0.46	4.2435	1.02E-10
RESIDUALES	11885	1293.71	0.11		

4.2 Length-based pseudo-cohort analysis (LBPA)

Se analizaron tres conjuntos de datos, agrupados en series de 4, 8 y 12 trimestres (2018-2020). El análisis supone que cada composición de tallas es una muestra aleatoria tomada desde una condición poblacional promedio. Los datos de la pesquería de camarón pomada son limitados y la aplicación del modelo LBPA permite generar estimaciones del nivel de reducción poblacional relativo en ausencias de series de capturas e índices de abundancia. En este trabajo, se supone que en las capturas podría haber al menos 6 grupos de edades y que la desviación de la talla a la edad es un parámetro por resolver.

Los análisis muestran una notable variabilidad de los datos empleados, mientras el modelo reproduce adecuadamente los patrones más relevantes: la selectividad en el costado izquierdo y la sobrevivencia o mortalidad en el costado derecho de los datos de frecuencias de tallas. (Figuras 15 a 17). En todos los casos analizados la talla promedio del reclutamiento (5-6 cm LT) fue estimada por debajo de la talla de primera madurez, mientras que la talla al 50% de selectividad (7.1 cm LT) que fue estimada por sobre esta talla de referencia (6.6 cm LT) (Tablas 11, 12 y 13) (Figuras 15 a 17). Lo anterior significa que la explotación pesquera prácticamente no vulnera ejemplares inmaduros. En las

figuras se ilustra la composición de tallas de las capturas actuales respecto de las teóricas en el objetivo de manejo (p. ej. 40%) y en condiciones sin pesca. Se observa la notable diferencia que existe entre las frecuencias de tallas de las condiciones actuales y de un escenario ideal (línea roja), representadas principalmente por la ausencia de individuos grandes mega-reproductores mayores a 10 cm de LT.

Independientemente de los escenarios analizados, las composiciones de tallas de las capturas, en particular la ausencia de individuos adultos, son compatibles con una condición de severa reducción poblacional de la fracción adulta debido a la pesca (evidencias de sobreexplotación). De acuerdo con esto, la captura actual estaría siendo sostenida por solo dos grupos de edades (Figura 18). Esto queda en notable evidencia al considerar que la talla asintótica bordea los 10.9 cm LT y que el tamaño de los individuos más grandes no supera los 9 cm de LT en promedio (Figuras 15 a 17). En términos teóricos, individuos mayores a la talla asintótica son parte de la variabilidad/dispersión esperada de la talla a la edad de los individuos más grandes.

Los análisis realizados para los tres grupos de datos, muestran que el promedio de las

composiciones de tallas de las capturas se encuentra por debajo de una estructura de longitudes objetivo, por ejemplo, la que es observable cuando la biomasa ha sido reducida al 40% de la condición virginal. Se estima que el potencial reproductivo (SPR) se encuentra reducido en torno al 15%-20% de la condición virginal (sobre-explotación), lo cual se explica porque el nivel de esfuerzo de pesca relativo o mortalidad por pesca se encuentra entre 4.2 y 6.4 veces por sobre el valor de referencia ($F_{msy}=F_{40\%}$) (Sobrepesca) (Tablas 11, 12 y

13). Las curvas de rendimiento y biomasa por recluta muestran que una eventual disminución del esfuerzo de pesca no generaría gran impacto en los rendimientos de pesca de largo plazo, pero favorecería considerablemente la recuperación del efectivo reproductor. Como referencia, la mortalidad por pesca, equivalente a un proxy del Rendimiento Máximo Sostenido ($F_{40\%}$), se estima en torno a $F_{msy}=1.1$, mientras que la mortalidad por pesca actual en cualquiera de los casos se ubica en torno a $F=4.7 - 6.6$.

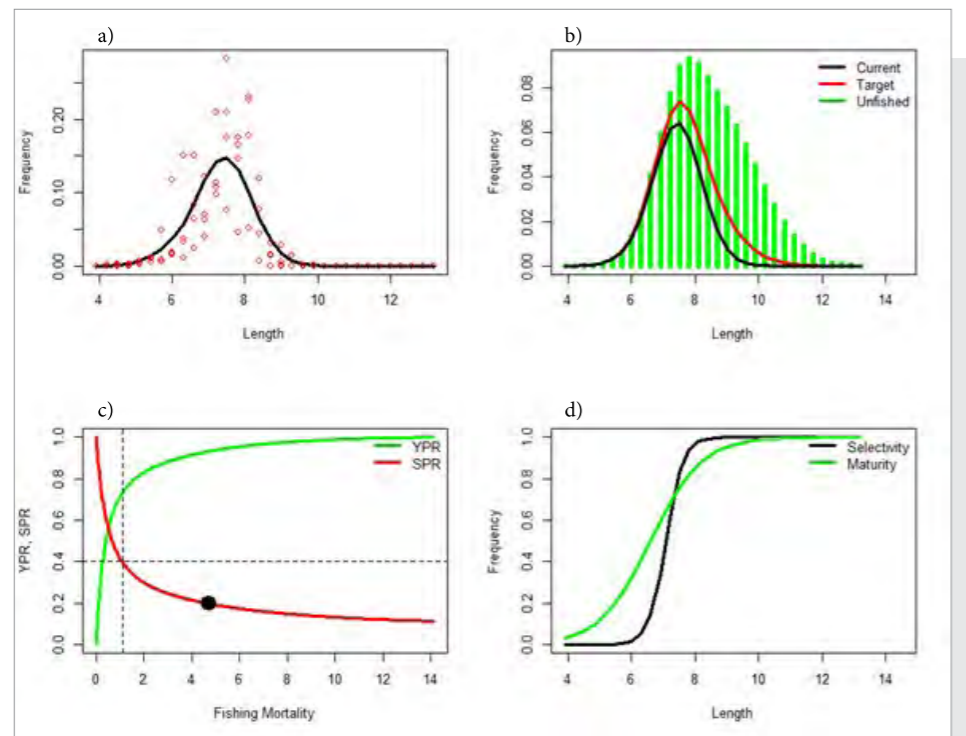


Figura 15. (a) Ajuste del modelo LBPA (línea negra) a las composiciones de tallas de camarón pomada de los últimos 4 trimestres, año 2020 (línea negra). (b) Composiciones de tallas de la fracción explotable virginal, objetivo y actual. (c) Curvas de proporción de reducción de la biomasa virginal (SPR) y rendimiento relativo (YPR) por recluta (línea roja) y (d) selectividad y madurez.

Tabla 11. Parámetros del modelo LBPA ajustado a los datos de composiciones de longitudes de las capturas de camarón pomada de los últimos 4 trimestres, año 2020: Mortalidad por pesca (F), Mortalidad por pesca de referencia al 40%B0 (F_{tar}), índice de sobrepesca (F/F_{tar}), proporción de biomasa virginal ($SPR=B/B_0$), longitud al 50% de selectividad (L_{50}), inclinación de selectividad (d) y longitud de reclutamiento (L_r).

```

*****
Estimated model parameters
*****
Fishing mortality (F)           : 4.71384
Selectivity length at 50% (L50) : 7.07241
Selectivity slope (d)           : 0.782308
Invariant std deviation in length (a0): 1e-005
Coeff of variation length at-age (cv) : 0.1
Size of recruits (Lr)          : 5.82307

*****
Derivates quantities
*****
Virgin biomass per-recruit (BPR0) : 6.46113
Current BPR                        : 1.28483
Target BPR                         : 2.58445
Current spawning potential ratio (SPR): 0.198856
Target SPR (SPRtar)               : 0.4
Target fishing mortality (Ftar)    : 1.125
Overfishing index (F/Ftar)         : 4.19008
Current yield per-recruit (YPRcur) : 2.14645
Target yield per-recruit (YPRtar)  : 1.69594
Steepness (h)                     : 1

*****
Log-likelihood_components
*****
Length frequencies proportions      : 941.534
Lr                                 : 0.0447982
a0                                 : 0
cv                                  : 0
L50                                : 0.529514
d                                  : 3.01368
Initial F                          : 0.0270456
Total                              : 945.149
    
```

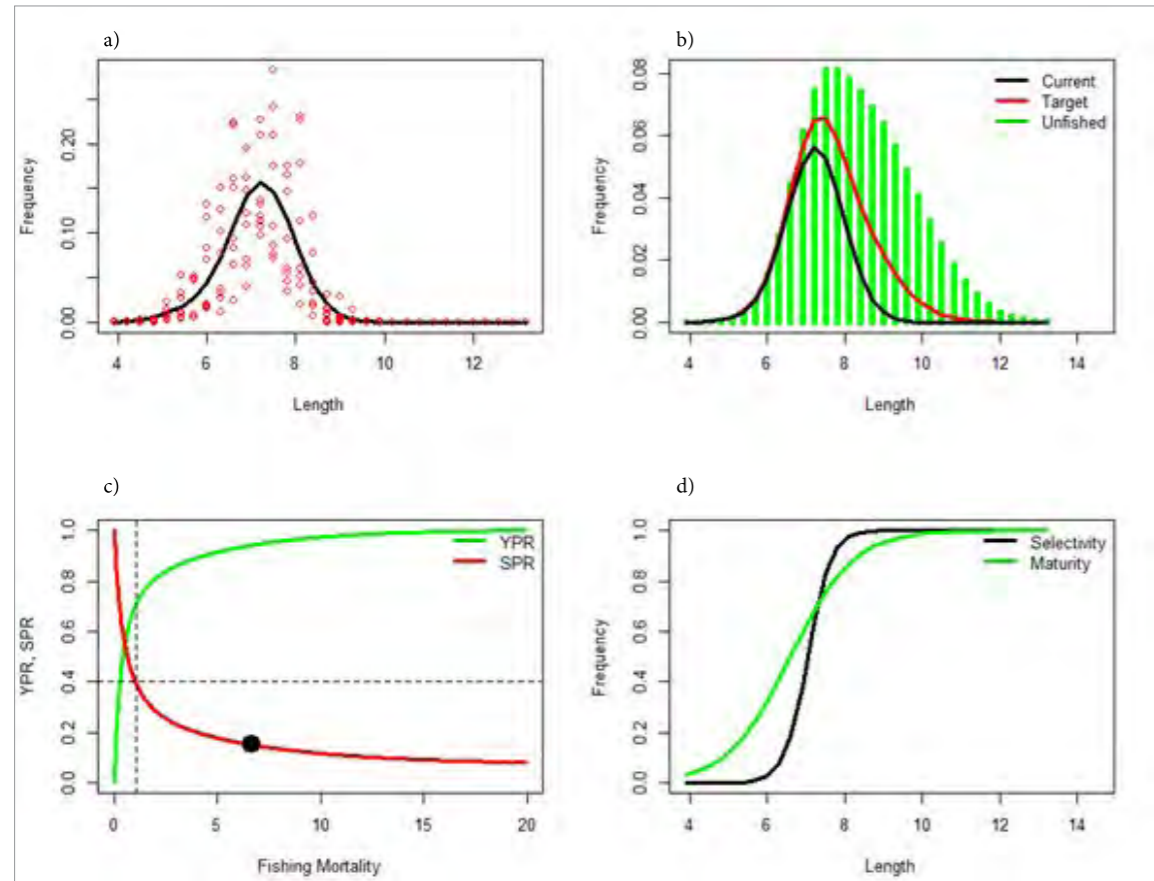



Figura 16. (a) Ajuste del modelo LBPA (líneas negra) a las composiciones de tallas de camarón pomada de los últimos 8 trimestres, año 2019-2020 (línea negra). (b) Composiciones de tallas de la fracción explotable virginal, objetivo y actual. (c) Curvas de proporción de reducción de la biomasa virginal (SPR) y rendimiento relativo (YPR) por recluta (línea roja) y (d) selectividad y madurez.

Tabla 12. Parámetros del modelo LBPA ajustado a los datos de composiciones de longitudes de las capturas de camarón pomada de los últimos 8 trimestres, año 2019-2020: Mortalidad por pesca (F), Mortalidad por pesca de referencia al 40%B0 (Ftar), índice de sobrepesca (F/Ftar), proporción de biomasa virginal (SPR=B/B0), longitud al 50% de selectividad (L50), inclinación de selectividad (d) y longitud de reclutamiento (Lr).

```

*****
Estimated model parameters
*****
Fishing mortality (F)           : 6.66561
Selectivity length at 50% (L50) : 7.0347
Selectivity slope (d)           : 0.844559
Invariant std deviation in length (a0): 1e-005
Coeff of variation length at-age (cv) : 0.0990387
Size of recruits (Lr)          : 5.53177

*****
Derivates quantities
*****
Virginal biomass per-recruit (BPR0) : 5.93048
Current BPR                          : 0.900484
Target BPR                           : 2.37219
Current spawning potential ratio (SPR): 0.15184
Target SPR (SPRtar)                  : 0.4
Target fishing mortality (Ftar)      : 1.05
Overfishing index (F/Ftar)           : 6.3482
Current yield per-recruit (YPRcur)   : 2.0196
Target yield per-recruit (YPRtar)    : 1.51585
Steepness (h)                        : 1

*****
Log-likelihood_components
*****
Length frequencies proportions      : 1915.36
Lr                                 : 0.330088
a0                                 : 0
cv                                 : 4.57303e-007
L50                                : 0.122262
d                                  : 1.42704
Initial F                          : 0.035612
Total                              : 1917.27

```

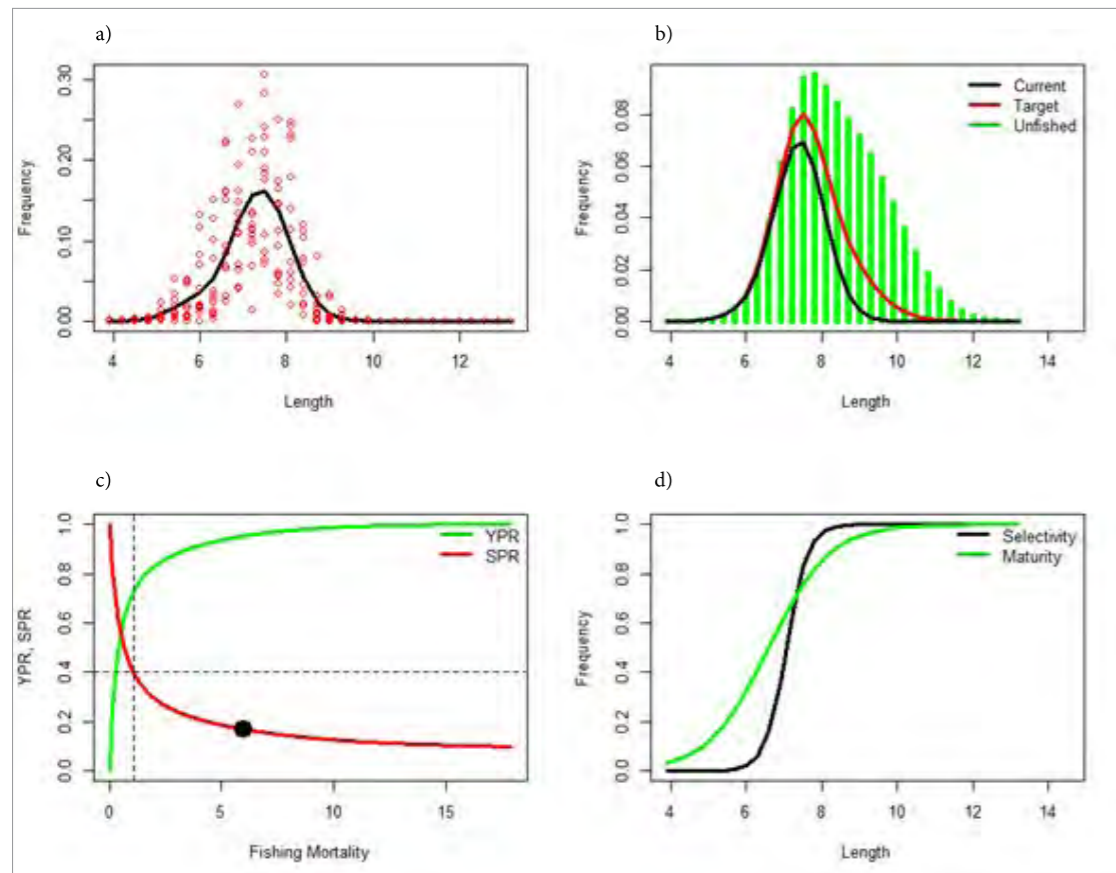


Figura 17. (a) Ajuste del modelo LBPA (líneas negra) a las composiciones de tallas de camarón pomada de los últimos 12 trimestres, año 2018-2020 (línea negra). (b) Composiciones de tallas de la fracción explotable virginal, objetivo y actual. (c) Curvas de proporción de reducción de la biomasa virginal (SPR) y rendimiento relativo (YPR) por recluta (línea roja) y (d) selectividad y madurez.

Tabla 13. Parámetros del modelo LBPA ajustado a los datos de composiciones de longitudes de las capturas de camarón pomada de los últimos 12 trimestres, año 2018-2020: Mortalidad por pesca (F), Mortalidad por pesca de referencia al 40%B₀ (Ftar), índice de sobrepesca (F/Ftar), proporción de biomasa virginal (SPR=B/B₀), longitud al 50% de selectividad (L50), inclinación de selectividad (d) y longitud de reclutamiento (Lr).

```

*****
Estimated model parameters
*****
Fishing mortality (F)           : 5.9713
Selectivity length at 50% (L50) : 7.0588
Selectivity slope (d)           : 0.811582
Invariant std deviation in length (a0): 1e-005
Coeff of variation length at-age (cv) : 0.0890116
Size of recruits (Lr)          : 5.78341

*****
Derivates quantities
*****
Virginal biomass per-recruit (BPR0) : 6.31789
Current BPR                          : 1.07212
Target BPR                            : 2.52715
Current spawning potential ratio (SPR): 0.169695
Target SPR (SPRtar)                  : 0.4
Target fishing mortality (Ftar)       : 1.1
Overfishing index (F/Ftar)            : 5.42845
Current yield per-recruit (YPRcur)    : 2.15495
Target yield per-recruit (YPRtar)     : 1.65567
Steepness (h)                        : 1

*****
Log-likelihood_components
*****
Length frequencies proportions        : 2841.96
Lr                                   : 0.0675845
a0                                   : 0
cv                                   : 6.64134e-005
L50                                  : 0.349884
d                                    : 2.17924
Initial F                             : 0.0327648
Total                                 : 2844.59
    
```

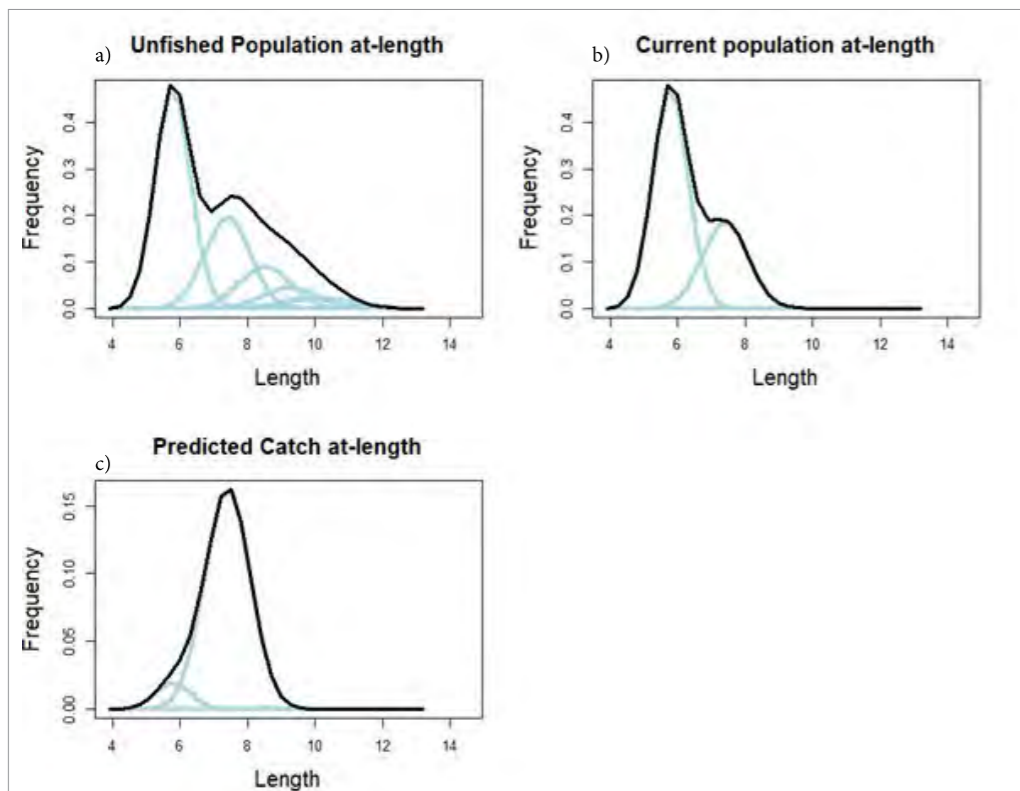


Figura 18. Composiciones de tallas por grupos de edad teóricos del camarón pomada. a) Población virginal, b) Población actual, c) Capturas actuales. Modelo LBPA.

4.3 Modelo integrado de evaluación (MESTOCKL)

El ajuste del modelo integrado de evaluación permite comprender los procesos poblacionales subyacentes en los datos. Se destaca que la señal del índice de abundancia CPUE es reproducida de manera adecuada por el modelo y caracterizada por fuertes cambios de escala, atribuibles a procesos de reducción del stock intra-anual y explicado en parte, por la variabilidad

en las capturas estacionales registradas en esta pesquería y los reclutamientos estacionales. Del mismo modo, el modelo igualmente reproduce las variaciones en la talla promedio de los individuos, y en particular, la sostenida disminución registrada desde el 2012, período en el cual la CPUE registra sus más altos niveles junto a los desembarques (Figura 19). La bondad

del ajuste del modelo se representa por el diagrama de dispersión de los datos vs las estimaciones, cuyos niveles de correlación lineal son altos, con valores de 0.80, 0.93 y 0.96 para la CPUE, talla promedio

(Lm) y proporción de captura a la talla, respectivamente (Figura 20). Lo anterior se detalla en el ajuste del modelo a las composiciones de tallas trimestrales de las capturas (Figura 21).

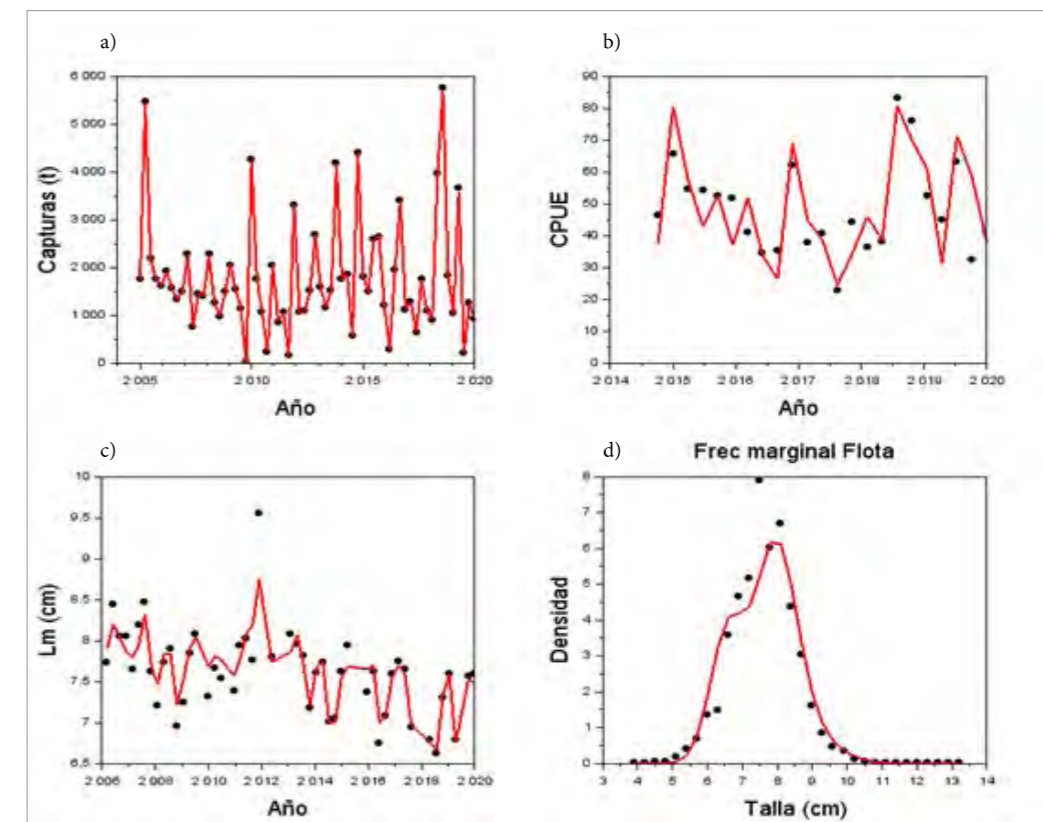


Figura 19. Ajuste del modelo MESTOCK a los datos trimestrales del camarón pomada: Capturas, CPUE, Longitud promedio (Lm) y composición de longitudes total. La línea roja es el modelo.

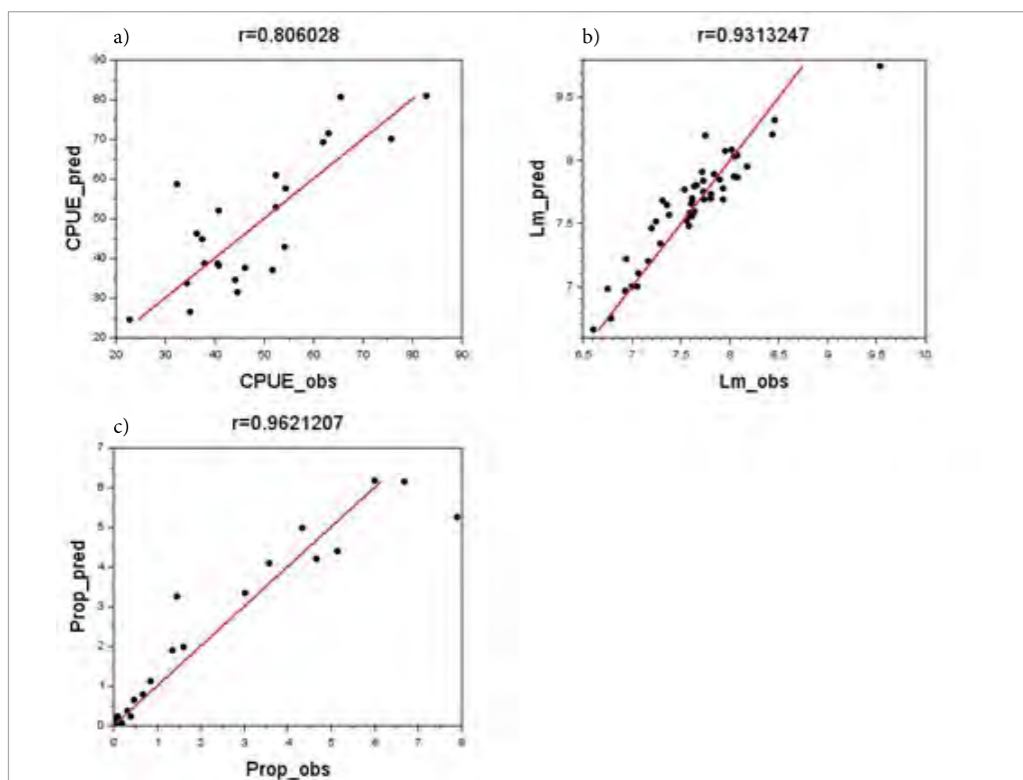


Figura 20. Correlación parcial (modelo lineal) entre los valores observados y estimados por el modelo MESTOCK a los datos trimestrales del camarón pomada: CPUE, Longitud promedio (Lm) y Proporción de captura a la talla.

El análisis de las variables poblacionales, indica que el camarón pomada ha tenido importantes fluctuaciones en torno a la biomasa de referencia, con un período de bajos niveles que se han acentuado desde 2016 hasta el año más reciente. La biomasa de referencia equivalente al 40% B0, se estimó en torno a 2 mil toneladas, mientras que las estimaciones de la biomasa desovante poblacional promedio del período más reciente, se aproximarían a mil toneladas (Figura 23). Se puede destacar que el bajo

nivel de abundancia poblacional no parece estar relacionado con las escalas de los reclutamientos, sino más bien con los altos niveles de capturas y mortalidad por pesca. Al respecto, los reclutamientos de este recurso presentan una trayectoria marcadamente estacional y sin mayor tendencia en el tiempo. Esta estacionalidad queda representada por un máximo que se registraría hacia el segundo trimestre de cada año, seguido de una disminución hacia el cuarto trimestre de cada año (Figura 24).

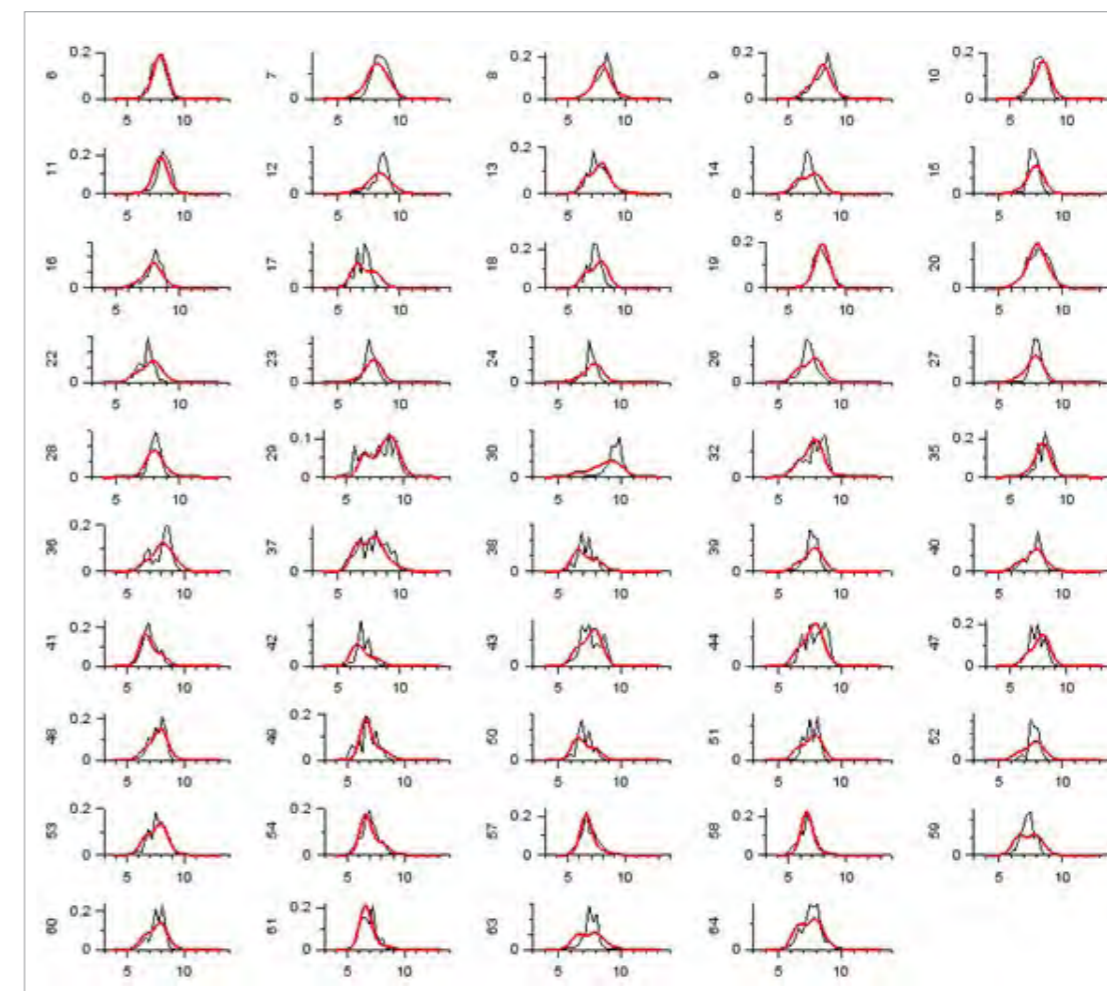


Figura 21. Ajuste del modelo MESTOCK a los datos trimestrales del camarón pomada: Composiciones de longitudes trimestrales de las capturas. La línea roja es el modelo. Los números corresponden al correlativo de 64 trimestres (2005-2020)

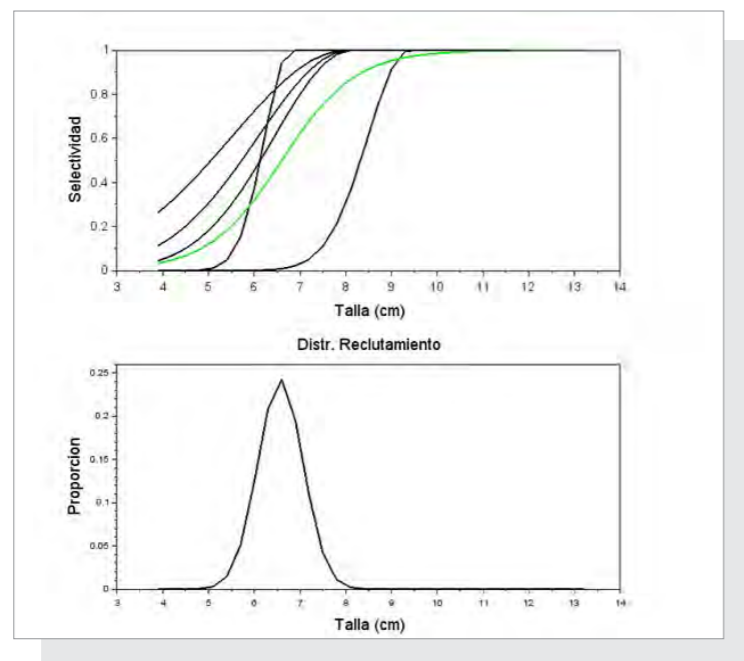


Figura 22. Arriba: Ojivas de selectividad trimestrales (línea negra) y proporción de madurez a la talla (línea verde). Abajo: Distribución de tallas del reclutamiento del camarón pomada.

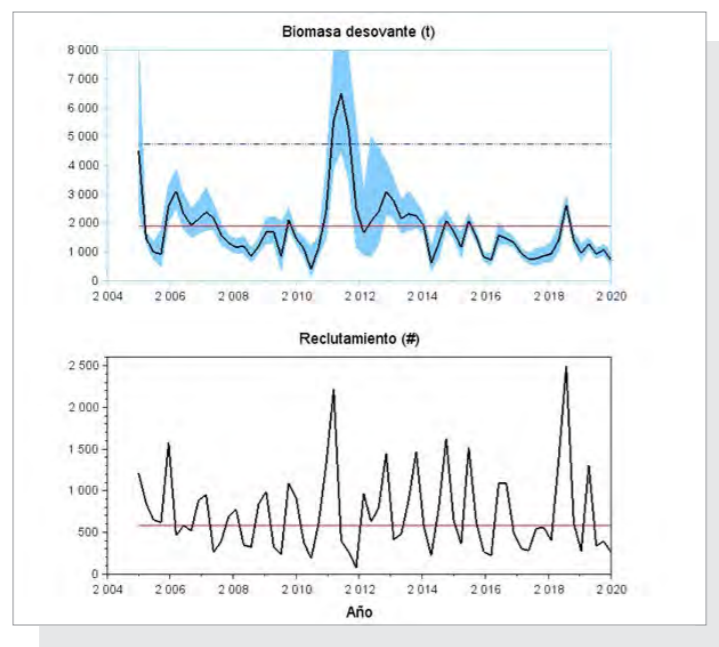


Figura 23. Arriba: Biomasa desovante (línea) y sus intervalos de confianza (áreas azules). La línea roja representa la biomasa de referencia al 40%B0. Abajo: Reclutamientos del camarón pomada. La línea roja representa el promedio de largo plazo.

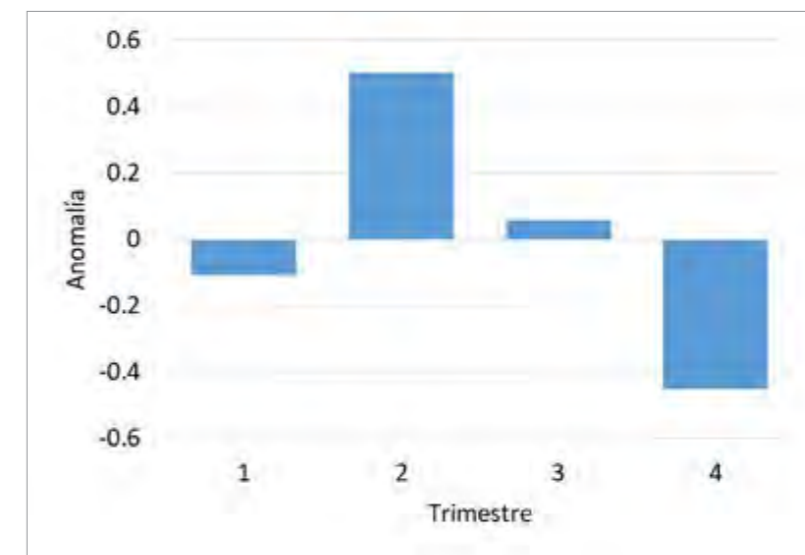


Figura 24. Anomalías trimestrales del reclutamiento del camarón pomada

Se estima que la presión de pesca, sobre este recurso, ha sido importante y en su historia conocida, la mortalidad por pesca ha oscilado por sobre la mortalidad por pesca de referencia F40% (Figura 25a). Los análisis indican que, en el 2020, el valor promedio de la mortalidad por pesca trimestral podría haber superado en 3.58 veces la mortalidad de referencia (Figura 25b), generando que la población desovante se encuentre en torno al 21% (promedio) de la biomasa virginal (B_0), y por ende al 50% de la biomasa objetivo ($B_{40\%B_0}$). De acuerdo con lo anterior, el diagrama de Kobe indica que la población se encontraría con evidencias de sobreexplotación ($B/B_0 < 0.4$) y de sobrepesca ($F > F_{40\%}$) (Figura 25c), corroborando los resultados obtenidos mediante LBPA.

El análisis de escenarios muestra que si el crecimiento y mortalidad natural fuesen el doble del valor empleado (S_2), la escala de la población y estimación de la biomasa virginal se reducen en similar proporción, lo cual se compensa por la vía de una mayor escala de los reclutamientos y el diagnóstico poblacional disminuye a $B/B_0 = 0.12$. (Tabla 14, Figura 26). En este escenario, el ajuste del modelo empeora ($\Delta l = 327$) e indica que el incremento al doble de M y k no sería compatible con la información empleada. Del mismo modo, bajo el escenario de una menor productividad ($S_3, h = 0.75$) y por ende mayor densodependencia entre el reclutamiento y la biomasa, los resultados muestran que la escala de la población y el diagnóstico poblacional mejora

marginalmente a $B/B_0=0.16$. Además, en este escenario se registra una notable mejora en el ajuste del modelo, explicado particularmente por el ajuste de las composiciones de tallas de las capturas ($\Delta I=0.1$), no obstante, el ajuste del modelo CPUE empeora ($\Delta I=18.2$) (Tabla 15). De manera similar, el modelo logra el

mejor ajuste a los datos si los parámetros de crecimiento k y M son estimados (S4), resultando en valores ~30% menores a los del escenario base. En este escenario si bien mejora el diagnóstico poblacional al $B/B_0=0.25$, no logra revertir el diagnóstico establecido por el modelo base.

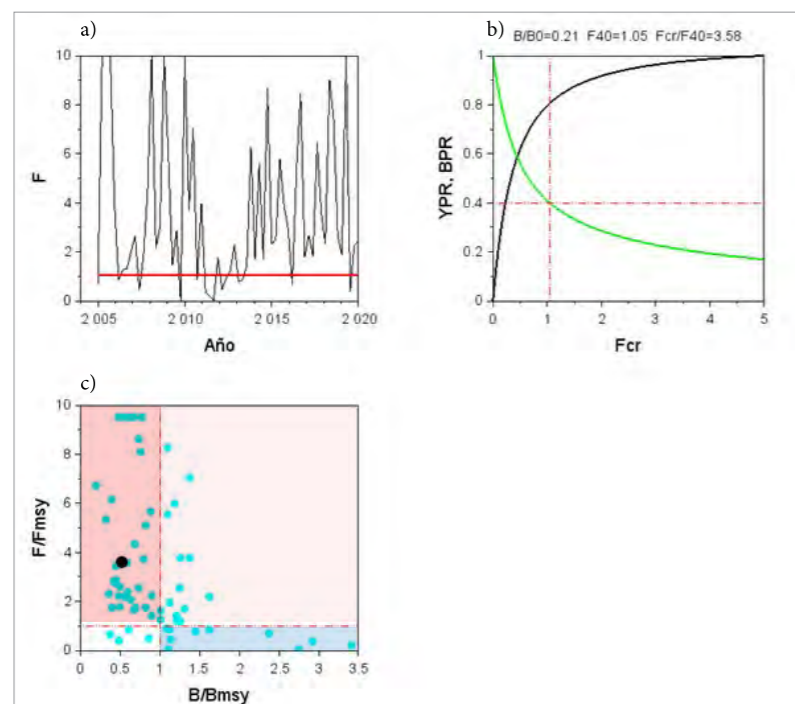


Figura 25. A) Mortalidad por pesca trimestral. La línea roja representa la mortalidad de referencia $F_{40\%B_0}$. B) Curvas de rendimiento y biomasa por recluta. Las líneas rojas representan valores de referencia. c) Diagrama de Kobe camarón pomada. El círculo negro representa el promedio trimestral del año más reciente

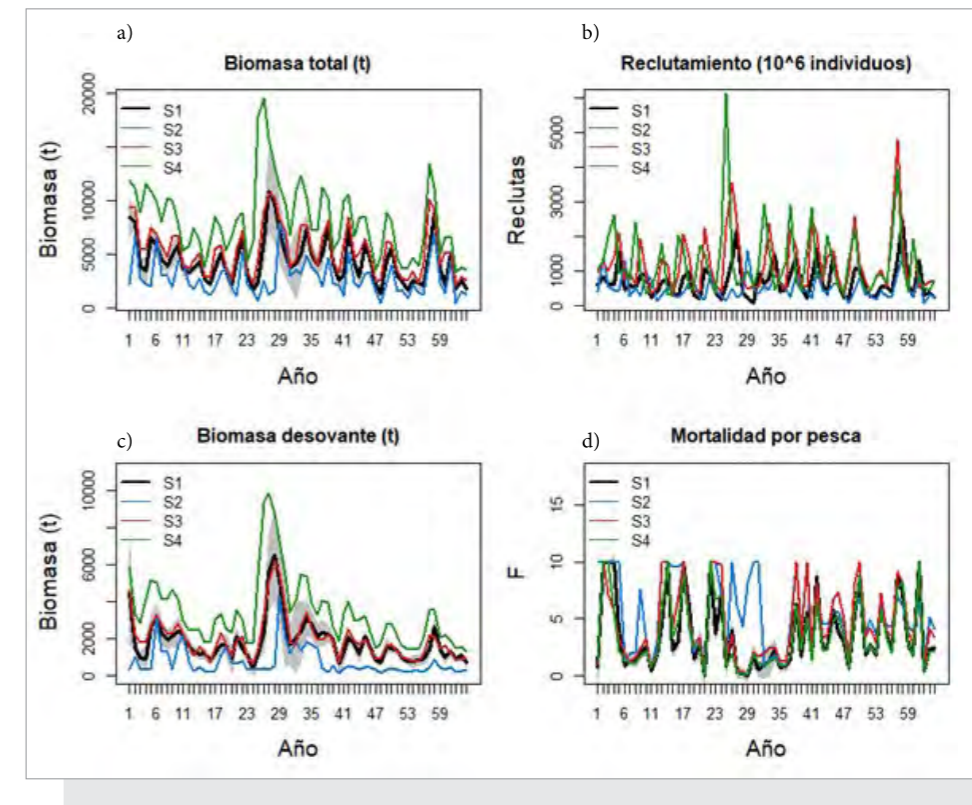


Figura 26. Biomasa, reclutamiento y mortalidad por pesca del camarón pomada para cuatro escenarios de evaluación de stock. El escenario base corresponde a S1.

5. Discusión

Tabla 14. Parámetros estimados del modelo MESTOCK (modelo base) ajustado a los datos trimestrales del camarón pomada.

```
# Number of parameters = 148 Objective function value = 5830.54 Maximum gradient component = 0.000134158
# log_L50:
2.08353 1.91561 2.08930 2.23817 2.09517
# log_sigma1:
-0.581080 0.922392 -0.345913 0.458947 -0.179270
# log_Ro:
6.36616500917
# dev_log_Ro:
0.0251501896691 0.374319345196 0.108353939759 0.0586085453346 0.997997162808 -0.234678412739
0.00100321802421 -0.116501055727 0.417262167376 0.492932710850 -0.807500981602 -0.395777665191
0.175128494894 0.284315571261 -0.517328903223 -0.590759348946 0.365287720818 0.532168369958
-0.582328426558 -0.906208028950 0.631757205421 0.448747380962 -0.415586758275 -1.15247165264
0.0581769677262 0.816673221078 1.33799123706 -0.382740681792 -0.793618923187 -2.02106241619
0.502569205587 0.0711180500271 0.320510294797 0.910730830394 -0.337744686560 -0.196569387623
0.426413607893 0.925934138851 0.00420449408183 -0.977621017726 0.304737659286 1.02875378869
0.0951204559536 -0.481276996271 0.963616351818 0.0625252712435 -0.779646494042 -0.963232015583
0.632072385022 0.630513268177 -0.165467127128 -0.646127521896 -0.731241802670 -0.0618022130034
-0.0377775918423 -0.373016123204 0.863495346879 1.45507755658 0.0483349194847 -0.755262157111
0.809445484980 -0.545916044787 -0.391533919917 -0.820248203557
# dev_log_No:
0.731187922201 0.681853934383 0.140519099578 0.0401181051226 0.0115633427852 0.00436934610486
# log_F:
-0.367730660917 2.29999970984 2.29999946901 2.29989954580 1.36450408144 -0.137161392728
0.239607995944 0.274193747360 0.696331549097 0.974909414470 -0.803076036037 0.599619334220
1.50755212013 2.29999997440 0.773122729149 1.10425154787 2.29999999145 1.78318190855
0.373245217678 1.05305650186 -6.39683748584 2.29999997985 1.30849424213 1.95224767488
-0.145288600952 1.37319923194 -1.03365963292 -1.68885043654 -3.51017785773 0.571199861473
-0.753854120823 -0.0794733840428 0.205791932425 0.830141956094 -0.249701694859 -0.147072406126
0.375136720277 1.83401389474 0.527163591497 1.72309707076 0.532885760843 2.15993235857
0.834797737015 0.914130460036 1.75520595326 1.35830558623 1.07762650903 -0.422239177202
1.67536751587 2.13551809707 0.589938168956 0.988723306479 0.601138726835 1.86279205847
1.27933317509 0.839098038091 2.20031946130 1.99916653539 0.973343076388 0.619165734884
2.29999999481 -0.941258289654 0.821331666681 0.876266150637
# log_qflo:
-2.01190595267
# log_bedad:
-2.60588301005
```

Tabla 15. Variables de desempeño de la evaluación de stock del camarón pomada. Δ ll corresponde a la diferencia en verosimilitud respecto del mínimo sobre todos los escenarios. El ratio B/B0 corresponde al promedio trimestral del último año.

Escenario	Δ ll(Total)	Δ ll(CPUE)	Δ ll(Ptalla)	k	M	h	B0	B/B0
S1 (base)	150.2	13.8	154.6	0.38	0.64	1.00	4755	0.208
S2	327.9	0.0	346.1	0.76	1.28	1.00	2361	0.129
S3	0.1	18.2	0.1	0.38	0.64	0.75	6655	0.160
S4	0.0	18.2	0.0	0.25	0.53	1.00	6053	0.256

Se realizó la evaluación del stock del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) del Golfo de Guayaquil. El primer modelo de análisis (LBPA; Canales *et al.*, 2021), consideró distintos grupos de datos (trimestres) como parte de una misma muestra aleatoria. El uso de varios escenarios de trimestres permitió compensar el supuesto de equilibrio en base a una condición promedio para el grupo de trimestres considerados. En los tres casos analizados, la condición del stock dio cuenta de una población reducida entre 15% y 20% de la biomasa virginal (B0) cuyo nivel de esfuerzo de pesca (mortalidad por pesca) se encontraría entre 4.2 y 6.4 veces el valor que permitiría generar una biomasa de referencia tipo del 40% de B0. La consistencia de estos resultados se debe principalmente a la notable ausencia de individuos grandes evidenciada en la juvenalización de las capturas. Por su parte, el modelo estadístico edad-estructurado MESTOCKL (Canales, 2014), fue empleado con el fin de recabar información sobre las variaciones en la mortalidad por pesca y el reclutamiento, además de ser utilizado como verificador de supuestos del estado de agotamiento poblacional. Los resultados fueron sensibles a la inclinación de la relación stock-recluta o steepness, destacándose que bajo el supuesto de mayor densodependencia entre el reclutamiento y la biomasa, se registra

una mejora en el desempeño del modelo explicado particularmente por el ajuste de las composiciones de tallas de las capturas. Esto podría dar algunas evidencias que los datos empleadas brindarían información respecto de esta relevante relación poblacional.

Por otro lado, en este trabajo se supuso que la CPUE refleja proporcionalmente los cambios de abundancia poblacional, y aunque en algunas ocasiones pueden no representar dicha proporcionalidad (Harley *et al.*, 2001), los resultados obtenidos mostraron consistencia entre las señales de la CPUE y la información de las composiciones de tallas de las capturas y la variabilidad de los desembarques. Esto permite advertir que la abundancia relativa (CPUE) de este decápodo respondería tanto a los cambios ocurrido en el reclutamiento como a los niveles de captura, y que las variaciones en las composiciones de tallas son una evidencia de ello. En efecto, en un stock saludable y en buenas condiciones, las capturas deberían estar sustentadas por todas las tallas comerciales junto a una representativa presencia de ejemplares de mayor tamaño. Este hecho no fue observado en las estructuras de tamaño de camarón pomada, lo cual se explicaría por una sostenida y elevada explotación de ejemplares de tallas menores, generado por ende una reducida sobrevivencia de individuos a lo largo de la cohorte y una población



juvenilizada. Al respecto, diversos autores han recomendado evitar la captura de los “mega-reproductores” en crustáceos decápodos, dado que estos representan los mejores atributos de fecundidad de una población. Al respecto y sin perjuicio de que un pequeño segmento de adultos pudiera refugiarse en fondos menos accesibles y seguir sosteniendo parte de los reclutamientos a la pesquería de camarón pomada, los resultados obtenidos en este trabajo muestran que el efecto de la pesca ha sido notable y ha generado la escasa presencia de ejemplares sobre 9 cm de longitud total promedio, lo que hace suponer una reducción considerable del potencial reproductivo.

Ambos enfoques metodológicos empleados son consistentes y coinciden con el diagnóstico de sobreexplotación y sobrepesca de esta población. Los niveles de agotamiento y mortalidad por pesca resultaron muy similares entre métodos no obstante las diferencias fundamentales de ambas aproximaciones. De acuerdo con Canales *et al* (2021), esto se explica porque el uso simultáneo de varias composiciones de longitudes (LBPA) permite minimizar los efectos del supuesto de equilibrio. Del mismo modo, los análisis de sensibilidad (casos o hipótesis) fueron consistentes en cuanto al diagnóstico de la población, y que no obstante la incertidumbre estructural en este tipo de análisis debido a los



supuestos fundamentales, el estado de disminución poblacional es severo y por debajo del 25% de B0. Al respecto, indicios de sobreexplotación en esta población ya habían sido reportados en trabajos previos (Chicaiza *et al.*, 2008; 2009; Nicolaidis *et al.*, 2012). En el mismo sentido, Mendívez *et al.* (2009) reportaron que existen capturas no informadas provenientes de operaciones artesanales con redes estacadas y bolsos, en las entradas a los estuarios presentes en el Golfo de Guayaquil, aspectos que no suelen ser considerados en los análisis poblacionales. Al respecto, en este trabajo se consideró el uso de un modelo basado exclusivamente en el análisis de las composiciones de tallas de las capturas, y cuyos resultados fueron similares a los reportados por Chicaiza *et al.* (2019), quienes señalan que la población de camarón pomada se encontraba reducida en torno a 16% de la biomasa virginal (B0). Como evidencia observacional complementaria, se ha observado disminución de las tallas



promedios en la capturas según fuera reportado por Nicolaidis *et al* (2012). Estos antecedentes, tendrían implicancias ecológicas y pesqueras dado que se vulnera una fracción de ejemplares que no alcanzarían a madurar, observándose además disminución en el peso medio individual, reducción de la producción y productividad, además del aumento de la participación de ejemplares jóvenes en las capturas.

En cuanto a las variables poblacionales, y de manera similar a lo reportado en *Penaeus aztecus* por Cervantes-Hernandez y Gracia (2020), los reclutamientos de camarón pomada mostraron un patrón marcadamente estacional y sin mayor tendencia en el tiempo. Esta evidencia se destaca como punto a favor de la recuperación de este stock, dado que la sola disminución de las capturas permitiría una rápida recuperación de la población dado el permanente aporte de reclutas. La estacionalidad del reclutamiento queda representada por un máximo que se registraría durante el segundo trimestre de cada año, seguido de una sostenida disminución hacia el cuarto trimestre de cada año. Esto es coincidente con lo reportado en investigaciones anteriores (Chicaiza *et al.*, 2007; 2008; 2009; Mendívez *et al.*, 2011), lo cual sugiere que una estrategia adecuada para cautelar el proceso reproductivo, como futuro aporte al incremento de la biomasa de la población, es mover la veda hacia el segundo

trimestre de cada año.

Las perspectivas de la población dependen del objetivo de manejo que sea propuesto. Un nivel de agotamiento entre 15%-20% de la biomasa virginal es a menudo considerado como estado de agotamiento y punto de referencia límite (Mace & Sissenwine, 1993). Si el objetivo de manejo corresponde al 40% de B0, el esfuerzo de pesca actual debiese ser reducido en un 70% y para esto, se debería proponer un plan gradual de recuperación poblacional. De acuerdo con el análisis por recluta, se esperaría que la disminución del esfuerzo de pesca no debería generar menores rendimientos de pesca en el largo plazo, favoreciendo la recuperación del efectivo reproductor y capturas sostenidas por individuos más grandes. Finalmente y en complemento, se recomienda desarrollar análisis de evaluación de estrategias de manejo alternativas (e.g. Punt *et al.*, 2014), las cuales deberían ser acordadas con los propios pescadores y autoridades de manejo pesquero. Estas estrategias de manejo deberían estar sustentadas en objetivos alcanzables y medibles (puntos de referencia). Del mismo modo se recomienda fortalecer el monitoreo de la pesquería en base a indicadores operacionales empíricos de la pesquería como por ejemplo: la proporción de mega-reproductores en las capturas, la longitud promedio de la fracción madura (adultos) y la captura por unidad de esfuerzo CPUE.

6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación del stock de camarón pomada del Golfo de Guayaquil, se concluye que:

- Independientemente del modelo de análisis y escenario, la población de esta especie se encuentra sobreexplotada y reducida por debajo del 25% de la biomasa virginal (B_0). Del mismo modo hay evidencias de sobrepesca y con un nivel de esfuerzo de pesca (mortalidad por pesca) que excedería más de 4 veces el valor de referencia $F_{40\%}$
- Los reclutamientos de este recurso presentan una marcada estacionalidad y sin tendencias entre años.
- La productividad de la población depende fuertemente de los pulsos estacionales de los reclutamientos, la cual se caracteriza por un máximo concentrado durante el segundo trimestre de cada año y mínimo hacia el cuarto trimestre. Esta evidencia sugiere que la veda actual debiese ser trasladada hacia el segundo trimestre de cada año.
- La presión de pesca hoy en día se concentra sobre una población juvenalizada y la escasa presencia de ejemplares sobre 9 cm de longitud total hace suponer una reducción considerable del potencial reproductivo.
- Las perspectivas de la población pasan por la reducción del esfuerzo de pesca en al menos un 70% y del aprovechamiento estacional de los reclutamientos.
- Se recomienda fortalecer el seguimiento de la pesquería y cautelar el período del reclutamiento por medio de una veda extractiva durante el segundo trimestre del año.
- Con el fin de evaluar alternativas para su recuperación, se recomienda realizar evaluación de estrategias de manejo, basadas en objetivos alcanzables, medibles (puntos de referencia) y acordadas con pescadores y partes interesadas.

7. Referencias bibliográficas

- Agüero, M. & L. Guamán. 2011.** Identificación, análisis y evaluación de alternativas de ordenación de la pesca de arrastre en Ecuador. Documento divulgativo, Centro Inter-Americano para el Desarrollo de Ecosistemas Sustentables ICSED-CENIDES. 78 pp.
- Beverton, R.J.H. 1987.** Longevity in fish: some ecological and evolutionary considerations. Pages 161-185 in A. D. Woodhead and K. H. Thompson (eds.). Evolution of longevity in animals. Plenum, New York, New York, USA.
- Beverton, R.J.H. & S.J. Holt, 1957.** On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. (Ser. 2) 19: 1- 533.
- Booth, A.J. & T.J. Quinn II. 2006.** Maximum likelihood and Bayesian approaches to stock assessment when data are questionable. Fisheries Research, 80: 169-181.
- Bucaram. 2018.** Bio-economic assessment of the industrial pomada shrimp fishery in Posorja (Guayas-Ecuador) during the period 2008-2014. Compendium, 5(12): 1:32.
- Burkenroad. 1934.** Litoral peneidea chiefly from the Bingham Oceanographic Collection, with a revision of *Peneopsis* and descriptions of two new genera and eleven new American species. Bull. Bingham Oceanogr. Collet., Yale Univ., 4(7): 1-109.
- Canales, C, M. Peralta & V. Jurado 2014.** Evaluación de la Población de Pinchagua (*Ophistonema sp*) en aguas ecuatorianas. Boletín Especial Año 4 N°3, Instituto Nacional de Pesca del Ecuador INP, ISSN 1390-6690): 50 pp.
- Canales, C.M. A.E. Punt & M. Mardones. 2021.** Can a length-based pseudo-cohort analysis (LBPA) using multiple catch length-frequencies provide insight into population status in data-poor situations? Fisheries Research, 234: 1-15.
- Carlander, K.D. 1969.** Handbook of freshwater fishery biology, Vol. 1. The Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
- Carlander, K.D. 1977.** Handbook of freshwater fishery biology, Vol. 2. The Iowa State University Press, Ames, IA, USA.

Castro C.P., Y.A. Prado & M.A. Valladares. 2017. Descripción de la pesquería artesanal de camarones pomada negra (*Protrachypene precipua*) y pomada amarilla (*Xiphopenaeus riveti*) en la Caleta San Vicente de Camarones, Ecuador, 2016. Gestión Ambiental, 15: 6-16.

Cervantes-Hernandez y Adolfo Gracia. 2020. Reproductive and recruitment seasons for *Penaeus aztecus* in the Tamaulipas-Veracruz area, Gulf of Mexico. Lat. Am. J. Aquat. Res. vol.48 no.4. <http://dx.doi.org/10.3856/vol48-issue4-fulltext-2174>

Chicaiza, D. 2013. Crecimiento, Mortalidad y Aspectos Reproductivos del camarón pomada *Protrachypene precipua* (Burkenroad 1934) en el Golfo de Guayaquil – Ecuador. Documento presentado como requisito para optar el grado de Magíster en Ciencias del Mar. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica Del Norte, Coquimbo, Chile. 69 pp.

Chicaiza, D., J. Correa, J. González, R. García-Sáenz & W. Méndívez. 2007. Aspectos biológicos pesqueros del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) en la zona de Posorja durante abril a diciembre 2006. Documento Técnico, Instituto Nacional de Pesca, Ecuador. 9 pp

Chicaiza, D., R. García-Sáenz, W. Méndívez & J. Correa. 2008. La pesquería de arrastre del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) en la zona de Posorja durante marzo a diciembre 2007. Informe Técnico, Instituto Nacional de Pesca, Ecuador. 12 pp.

Chicaiza, D., R. García-Sáenz, W. Méndívez. 2009. La pesquería de arrastre del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) en la zona de Posorja-Ecuador durante 2008. Instituto Nacional de Pesca, Boletín Científico y Técnico, 20(3): 1-13.

Chicaiza, D. & W. Méndívez. 2012. Propuesta técnica para la implementación de la veda al camarón pomada *Protrachypene precipua* (Burkenroad 1934) durante la temporada de pesca 2013 en la costa ecuatoriana. Instituto Nacional De Pesca, Ecuador. 12 pp.

Clark, W. 2002. F35% Revisited Ten Years Later. North American Journal of Fisheries Management 22:251–257, 2002



Chicaiza, D., W. Méndívez, J. Correa, F. Nicolaidis, & R. García-Sáenz. 2019. Situación actual del stock y estructura poblacional del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) capturado en el Golfo de Guayaquil – Ecuador, durante el periodo 2014-2018: Perspectivas para su explotación sustentable. Informe Técnico, Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP). 12 pp.

Cobo M. & H. Loesch. 1966. Estudio estadístico de la pesca del camarón en el Ecuador y algunas características biológicas de las especies explotadas. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca. 1(6), 46 pp.

Correa, J., R. García-Sáenz, W. Méndívez, J. González, D. Chicaiza & W. Ruiz. 2006. La pesca de arrastre de camarón en el Ecuador durante el 2005. Informe técnico, Instituto Nacional de Pesca. 10 pp.

Correa, J., R. García-Sáenz, W. Méndívez, J. González, D. Chicaiza, W. Ruiz y C. Villón. 2007. Diagnóstico Pesquero y Acuícola del Recurso Camarón Marino en Ecuador. Informe Técnico Instituto Nacional de Pesca. 43 pp.

Craig, J.F. 1985. Aging in fish. Canadian Journal of Zoology, 63: 1-8.

Francis, C., A. Aires-da-Silva, M. Maunder, K. Schaefer & D. Fuller. 2016. Estimating fish growth for stock assessments using both agelength and tagging increment data. Fisheries Research, 180: 113–118.

Froese, R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. Fish and Fisheries, 5: 86-91.

García, S. & L. Le Reste. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones penaeidos costeros. FAO Doc. Téc. Pesca, (203):180 pp.

García-Sáenz, R., W. Méndívez & D. Chicaiza. 2009. Pesca de la Flota Arrastrera Camaronera en Esmeraldas durante el 2008. Boletín Científico y Técnico Instituto Nacional de Pesca, 20(3):14-24.

Gavaris, S., & J.N. Ianelli. 2002. Statistical issues in fisheries' stock assessments. Scand. J. Stat. 29(2): 245–267. doi:10.1111/1467- 9469.00282.



Harley S.J. & R.A Myers. 2001. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1760-1772.

Hendrickx, M.E. 1995. Camarones: In: Fischer, W.; F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y U.H. Niem (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-oriental. Plantas e Invertebrados. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO), Roma. 1: 417-537.

Hordyk, A., K. Ono, N. Loneragan & J. Prince. 2014. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. ICES J. Mar. Sci., 72: 217-231. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu004>.

Holthuis, L.B. 1980. Species Catalogue. Vol. 1. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop. Rome. 665 pp.

Instituto Nacional de Pesca (INP). 2016. Determinación del estado actual de la biomasa del recurso camarón rojo y café, mediante prospección biológica pesquera, fuera de las 8 (ocho) millas náuticas del perfil costero ecuatoriano. Informe Técnico. Ecuador. 29 pp.

López D. 2007. La capacidad pesquera en la pesquería de camarones en Panamá. En: Agüero M (Ed.). Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. pp. 191-204. Roma. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 461. 403 pp.

López-Mendoza J. A. 2009. Revisión de la magnitud, importancia socio - económica y actividades nacionales relacionadas con la pesca de arrastre del camarón, San Salvador. 67pp.

Mace, P.M. & M.P. Sissenwine. 1993. How much spawning per recruit is enough? p. 101-118. In S.J. Smith, J.J. Hunt and D. Rivard [ed.] Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 442 pp.

Maunder, M.N., P.R. Crone, J.L.Valero & B.X. Semmens. 2015. Growth: Theory, estimation, and application in fishery stock assessment models. Fisheries Research, 180: 1-3.

Maunder, M. & A. Punt. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fish. Res. 70:141-159.

Maunder, M.N. & P.J. Starr. 2003. Fitting fisheries models to standardised CPUE abundance indices. Fish. Res. 63: 43-50.

Maunder, M.N. & G.M. Watters. 2003. A-SCALA: an age structured statistical catch-at-length analysis for assessing tuna stocks in the eastern Pacific Ocean. In-ter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull., 22: 433-582.

Méndez M. 1981. Clave de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea Decapoda) del mar y ríos de la costa. Boletín, Instituto Mar del Perú - Callao. 5: 1-170.

Mendívez W., R. García-Sáenz & D. Chicaiza. 2011. La pesquería de arrastre del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) en la zona de Posorja-Ecuador durante 2009. Boletín Científico y Técnico, 21 (3): 1-8.

Miranda, F. 2011. Informe de Valoración, Generación de insumos para el establecimiento de políticas públicas pesqueras que minimicen los efectos negativos de la eliminación de la actividad pesquera camaronera de arrastre en el Ecuador. Preparado para la SRP.

Nicolaides F., W. Mendívez & R. García-Sáenz. 2011. La pesquería de arrastre del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) en la zona de Posorja-ecuador durante 2010. Informe Técnico, Instituto Nacional de Pesca, Ecuador. 17 pp.

Nicolaides, F., W. Mendívez, R. García-Sáenz & D. Chicaiza. 2012. Indicadores biológico-pesqueros y parámetros poblacionales del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) durante 2011 en Posorja y Esmeraldas, Ecuador. Boletín Científico y Técnico, 22(3): 1-21.

Ormaza-González, F. 2007. Factores sinérgicos y ambientales determinantes de la excesiva capacidad de Pesca e Ineficiencias de la gestión: La pesquería del camarón de Ecuador. En: Agüero M (Ed). Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. Roma. FAO, Documento Técnico de Pesca. No. 461. pp 205-255.

Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. int. Explor. Mer, 39(2): 175-192.



Peterson, L. 2002. CLUSFAVOR 5.0: hierarchical cluster and principal component analysis of microarray-based transcriptional profiles. *Genome Biology*, 3(7): 1-8.

Punt, A.E. 2003. The performance of a size-structured stock assessment method in the face of spatial heterogeneity in growth. *Fisheries Research*, 65: 391–409.

Punt, A.E., T. A'imar & N.A. Bond. 2014. Fisheries management under climate and environmental uncertainty: control rules and performance simulation. *ICES Journal of Marine Science*, 71: 2208-2220.

Punt, A.E., M. Haddon & R. McGarvey. 2016. Estimating growth within size-structured fishery stock assessments: What is the state of the art and what does the future look like? *Fisheries Research*, 180: 147–160.

Rikhter, V.A. & V.N. Efanov. 1977. On one of the approaches for estimating natural mortality in fish populations. *Atlantic VNIRO (FAO repository)*, 73: 77-85. [in Russian].

Rousseeuw, P.J. 1987. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *1 Comput. Appl. Math.*, 20: 53-65.

Solemdal P. 1997. Maternal effects, a link between the past and the future. *J. Sea Res.* 37: 213–227.

Subsecretaría de Gestión Marina y Costera (SGMC). 2012. La pesquería de arrastre camaronero en Ecuador: Análisis situacional. 13 pp.

Suarez, S. 2017. Estructura poblacional de *Protrachypene precipua* (camarón pomada) frente a Esmeraldas: implicaciones para el manejo pesquero. Tesis de grado para la obtención del título de Biólogo. Carrera de Biología, Facultad De Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Ecuador. 45 pp.

Taylor, C.C., 1960. Temperature, growth and mortality, the Pacificcockle. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 26, 117-124.

Trippel, E.A. 1998. Egg size and viability and seasonal offspring production of young Atlantic Cod. *Transactions of the American Fisheries Society*, 127: 339-359.



Vice Ministerio de Acuicultura y Pesca, Ecuador (VAP). 2014. Plan de acción para la conservación y manejo del recurso camarón pomada (*Protrachypene precipua*) en el golfo de guayaquil. 40 pp.

Von Bertalanffy, L. 1934. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Wachstums I. Allgemeine Grundlagen der Theorie. *Wilhelm Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, 131: 613-653.

Ward, J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function, *Journal of the American Statistical Association*, 58: 236-244.





ANEXO I

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada

Para llevar a cabo el procedimiento de estandarización de los rendimientos de pesca, previamente, se realizaron diversos análisis, para verificar el comportamiento de las variables. de esta manera, el primer paso, en la estandarización de las tasas de captura del recurso, consistió en verificar el supuesto de distribución normal de los rendimientos de pesca. Para esto, en la **Figura 1**, se presenta el histograma de los rendimientos de pesca en escala real y en escala logarítmica, junto con sus respectivos diagramas de cajas. Estos elementos permiten verificar que no existen desvíos importantes respecto del supuesto de distribución normal en las tasas de captura logaritmizadas.

El siguiente paso en el modelado, consiste en

definir el conjunto de variables predictoras de las tasas de captura. En consecuencia, se realizaron análisis para verificar la magnitud de los efectos de los factores antes mencionados, en el promedio de los rendimientos de pesca (**Figura 2**). Lo que sugieren estos resultados, es que los niveles del factor temporal son los que generarían mayores variaciones en la media de la CPUE nominal. Los resultados obtenidos en el análisis, respecto de los modelos implementados para obtener el índice de abundancia, muestran que todos los factores incorporados como predictores de la CPUE, son estadísticamente significativos, no obstante lo anterior, el menor aporte a la explicación del rendimiento de pesca es del factor ZONA (**Tablas 1 a 4**).

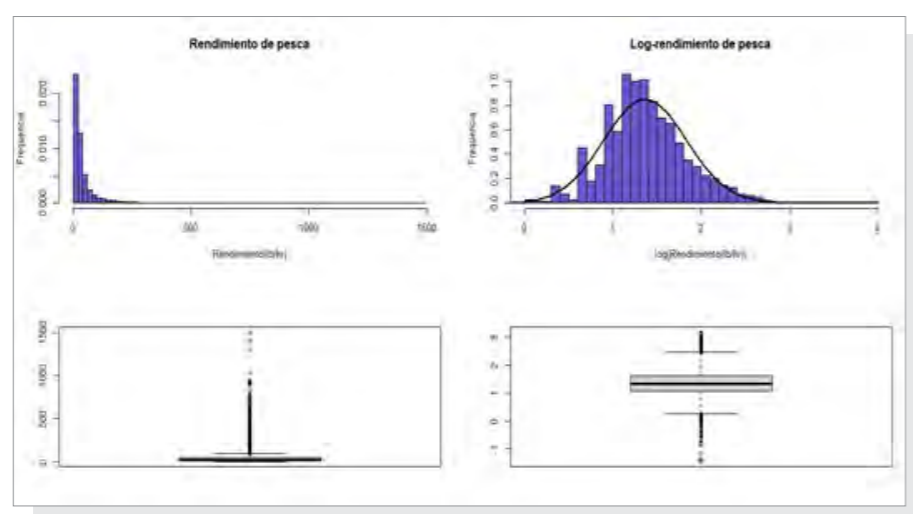


Figura 1. Histograma del rendimiento de pesca (lb/horas de pesca) y del logaritmo del rendimiento de pesca, junto a los diagramas de cajas respectivos, para camarón pomada, Golfo de Guayaquil, Ecuador.

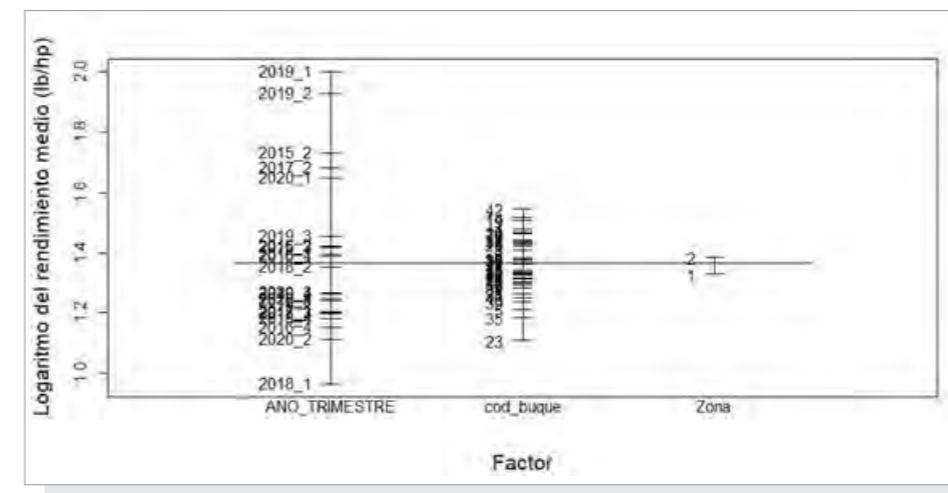


Figura 2. Efecto de los niveles de los distintos factores que serán considerados en el modelo de estandarización de la CPUE.

Tabla 1. Análisis de varianza del Modelo 1: Factores como efectos fijos.

Fuente de variabilidad	Gl	Devianza	Gl Resid.	Devianza residual	F	Pr(>F)	% devianza explicada
Nulo			11931	2630.1			
Año_Trimestre	22	610.5	11909	2019.6	167.0	2.20E-16	23.2%
Zona	1	3.76	11908	2015.8	22.6	2.00E-06	23.4%
Buque	40	43.61	11868	1972.2	6.6	2.20E-16	25.0%

Tabla 2. Análisis de varianza del Modelo 2: Factores como efectos fijos e interacción espacio-temporal, igualmente como efecto fijo.

Fuente de variabilidad	Gl	Devianza	Gl Resid.	Devianza residual	F	Pr(>F)	% devianza explicada
Nulo			11931	13944			
Año_Trimestre	22	3238.4	11909	10706	168.3	2.20E-16	23.2%
Zona	1	19.9	11908	10686	22.7	1.88E-06	23.4%
Buque	40	231.2	11868	10455	6.6	2.20E-16	25.0%
Año_Trimestre:Zona	22	94.5	11846	10360	4.9	2.88E-13	25.7%

**Tabla 3.** Análisis de varianza del Modelo 3: Factores como efectos fijos e interacción espacio-temporal, igualmente como efecto fijo. Se incorpora el barco como efecto aleatorio.

Efectos fijos

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Num gl	Den. Gl	F	Pr(>F)
Año_Trimestre	369.12	16.7783	22	11765	101.683	2.2E-16
Zona	1.44	1.4397	1	11870	8.7251	0.003145
Año_Trimestre:Zona	17.9	0.8136	22	11876	4.9309	2.43E-13

Efecto aleatorio

Fuente de variabilidad	n° par	logLik	AIC	LRT	Df	Pr(>Chisq)
Total	48	-6313.4	12723			
buque (aleatorio)	47	-6384.1	12862	141.43	1	2.20E-16

Tabla 4. Análisis de varianza del Modelo 4: Factores como efectos fijos e interacción espacio-temporal, igualmente como efecto fijo. Se incorpora el barco como efecto fijo, separado en conglomerados.

Fuente de variabilidad	Gl	Devianza	Gl Resid.	Devianza residual	F	Pr(>F)	% devianza explicada
Nulo			11931	2630.1			
Año_Trimestre	22	610.5	11909	2019.6	254.9	2.20E-16	23.2%
Zona	1	3.76	11908	2015.8	34.5	4.30E-09	23.4%
Cluster_buque (fijo)	1	711.95	11907	1303.9	6540.5	2.20E-16	50.4%
Año_Trimestre:Zona	22	10.16	11885	1293.7	4.2	1.02E-10	50.8%

Las Tablas 5 a 8, muestran los resultados de los diferentes modelos evaluados y la significancia de cada nivel de los factores predictores de la CPUE media, corroborándose que el factor ZONA, es el que menos aporta a la explicación de la variabilidad de la CPUE media.

Tabla 5. Resultados de Modelo Lineal Generalizado (GLM) aplicado a los datos operacionales de la flota de pesca. MODELO 1

Call:

```
glm(formula = LOG_REND ~ ANO_TRIMESTRE+Zona+cod_buque, family = gaussian(link = "identity"), data = datacpue)
```

Devianza residual:

Min	IQ	Median	3Q	Max
-2.56215	-0.23076	0.00926	0.24194	1.56334

Coefficientes	Estimado	Error estandar	Estadístico t	Pr(> t)	Significancia
(Intercept)	1.37	0.009	151.3	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE1	0.35	0.019	18.1	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE2	0.03	0.021	1.3	2.1E-01	
ANO_TRIMESTRE3	0.01	0.017	0.5	6.3E-01	
ANO_TRIMESTRE4	0.01	0.021	0.3	7.8E-01	
ANO_TRIMESTRE5	0.03	0.022	1.3	2.0E-01	
ANO_TRIMESTRE6	-0.13	0.022	-6.2	7.7E-10	***
ANO_TRIMESTRE7	-0.22	0.041	-5.5	3.0E-08	***
ANO_TRIMESTRE8	-0.18	0.025	-7.4	1.5E-13	***
ANO_TRIMESTRE9	0.29	0.016	18.3	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE10	-0.18	0.019	-9.4	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE11	-0.13	0.014	-9.5	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE12	-0.41	0.018	-23.2	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE13	-0.02	0.013	-1.8	7.4E-02	.
ANO_TRIMESTRE14	-0.19	0.015	-12.6	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE15	-0.18	0.014	-12.8	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE16	0.66	0.031	21.1	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE17	0.54	0.018	30.4	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE18	0.07	0.015	4.7	2.6E-06	***
ANO_TRIMESTRE19	-0.11	0.016	-6.9	5.7E-12	***
ANO_TRIMESTRE20	0.30	0.032	9.5	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE21	-0.26	0.066	-4.0	6.8E-05	***
ANO_TRIMESTRE22	-0.12	0.018	-6.7	2.0E-11	***
Zonal	-0.02	0.004	-5.2	2.4E-07	***

**Tabla 5.** Resultados de Modelo Lineal Generalizado (GLM) aplicado a los datos operacionales de la flota de pesca. MODELO 1

Coefficientes	Estimado	Error estandar	Estadístico t	Pr(> t)	Significancia
cod_buque1	0.102444	0.025337	4.043	5.30E-05	***
cod_buque2	0.027284	0.025795	1.058	0.290188	
cod_buque3	-0.015857	0.023298	-0.681	0.496128	
cod_buque4	0.136747	0.024559	5.568	2.63E-08	***
cod_buque5	-0.092996	0.03547	-2.622	0.008758	**
cod_buque6	-0.079427	0.023427	-3.39	0.0007	***
cod_buque7	-0.012649	0.048404	-0.261	0.793845	
cod_buque8	-0.051167	0.027157	-1.884	0.059569	.
cod_buque9	0.055321	0.026077	2.121	0.033907	*
cod_buque10	0.033841	0.019638	1.723	0.084874	.
cod_buque11	0.068353	0.023335	2.929	0.003404	**
cod_buque12	0.086601	0.018609	4.654	3.29E-06	***
cod_buque13	-0.07171	0.027858	-2.574	0.010062	*
cod_buque14	0.040667	0.023411	1.737	0.082394	.
cod_buque15	0.118621	0.02737	4.334	1.48E-05	***
cod_buque16	0.061362	0.022739	2.699	0.006974	**
cod_buque17	-0.059889	0.030389	-1.971	0.048777	*
cod_buque18	0.024163	0.019967	1.21	0.226253	
cod_buque19	0.024829	0.141051	0.176	0.860275	
cod_buque20	0.012087	0.01985	0.609	0.542586	
cod_buque21	-0.066369	0.021156	-3.137	0.00171	**
cod_buque22	-0.083246	0.0239	-3.483	0.000497	***
cod_buque23	-0.210041	0.057808	-3.633	0.000281	***
cod_buque24	0.242222	0.230377	1.051	0.293088	
cod_buque25	-0.047376	0.021314	-2.223	0.026253	*
cod_buque26	-0.099544	0.029705	-3.351	0.000807	***
cod_buque27	0.026619	0.023498	1.133	0.257315	
cod_buque28	-0.038024	0.023071	-1.648	0.099359	.
cod_buque29	0.045975	0.020025	2.296	0.021701	*
cod_buque30	-0.080645	0.051208	-1.575	0.115322	
cod_buque31	-0.015837	0.030394	-0.521	0.602334	
cod_buque32	0.036375	0.023867	1.524	0.127512	
cod_buque33	0.020942	0.02422	0.865	0.387257	
cod_buque34	-0.046326	0.025411	-1.823	0.068318	.
cod_buque35	-0.07335	0.034332	-2.136	0.032661	*
cod_buque36	-0.010158	0.020069	-0.506	0.61275	
cod_buque37	-0.014786	0.060703	-0.244	0.807554	
cod_buque38	-0.101648	0.024928	-4.078	4.58E-05	***
cod_buque39	-0.019172	0.019698	-0.973	0.330439	
cod_buque40	-0.020087	0.01928	-1.042	0.297514	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Devianza Nula 2630.1 sobre 11931 grados de libertad

Residual deviance 1972.2 sobre 11868 grados de libertad

AIC: 12513

**Tabla 6.** Resultados de Modelo Lineal Generalizado (GLM) aplicado a los datos operacionales de la flota de pesca. MODELO 2.

Call:

glm(formula = log(REND) ~ ANO_TRIMESTRE + Zona + cod_buque + ANO_TRIMESTRE:Zona,
family = gaussian(link = "identity"), data = datacpue)

Coefficientes	Estimado	Error estandar	Estadístico t	Pr(> t)	Significancia
(Intercept)	3.14	0.024	132.6	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE1	0.83	0.047	17.8	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE2	0.07	0.050	1.5	1.5E-01	
ANO_TRIMESTRE3	0.03	0.042	0.7	5.0E-01	
ANO_TRIMESTRE4	-0.03	0.052	-0.6	5.8E-01	
ANO_TRIMESTRE5	0.10	0.062	1.6	1.1E-01	
ANO_TRIMESTRE6	-0.29	0.052	-5.6	2.0E-08	***
ANO_TRIMESTRE7	-0.54	0.105	-5.2	2.6E-07	***
ANO_TRIMESTRE8	-0.41	0.058	-7.1	1.6E-12	***
ANO_TRIMESTRE9	0.69	0.056	12.4	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE10	-0.36	0.058	-6.2	4.9E-10	***
ANO_TRIMESTRE11	-0.30	0.034	-8.8	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE12	-0.99	0.045	-22.2	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE13	-0.15	0.039	-3.8	1.4E-04	***
ANO_TRIMESTRE14	-0.46	0.041	-11.2	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE15	-0.40	0.035	-11.3	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE16	1.52	0.073	20.7	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE17	1.03	0.086	12.0	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE18	0.28	0.040	6.9	6.0E-12	***
ANO_TRIMESTRE19	-0.25	0.039	-6.3	2.5E-10	***
ANO_TRIMESTRE20	0.68	0.078	8.7	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE21	-0.58	0.271	-2.2	3.2E-02	*
ANO_TRIMESTRE22	-0.20	0.071	-2.9	4.1E-03	**
Zona1	-0.05	0.017	-3.1	2.0E-03	**
cod_buque1	0.24108	0.058232	4.14	3.50E-05	***
cod_buque2	0.044177	0.059492	0.743	0.457754	
cod_buque3	-0.02282	0.053569	-0.426	0.670127	
cod_buque4	0.309802	0.056726	5.461	4.82E-08	***
cod_buque5	-0.213789	0.081511	-2.623	0.008732	**
cod_buque6	-0.163581	0.053989	-3.03	0.002452	**
cod_buque7	-0.016158	0.11137	-0.145	0.884648	
cod_buque8	-0.117559	0.062361	-1.885	0.059438	.
cod_buque9	0.115154	0.060033	1.918	0.055113	.
cod_buque10	0.078833	0.046243	1.705	0.088264	.
cod_buque11	0.165394	0.053576	3.087	0.002026	**
cod_buque12	0.203267	0.042786	4.751	2.05E-06	***
cod_buque13	-0.190184	0.064075	-2.968	0.003002	**
cod_buque14	0.091952	0.055463	1.658	0.097361	.
cod_buque15	0.268603	0.063053	4.26	2.06E-05	***
cod_buque16	0.132915	0.052333	2.54	0.011105	*
cod_buque17	-0.138896	0.069787	-1.99	0.046581	.
cod_buque18	0.06011	0.045874	1.31	0.190111	
cod_buque19	0.014139	0.325864	0.043	0.965391	
cod_buque20	0.031265	0.04564	0.685	0.493343	
cod_buque21	-0.143317	0.048716	-2.942	0.003268	**
cod_buque22	-0.19123	0.05501	-3.476	0.00051	***
cod_buque23	-0.470441	0.132943	-3.539	0.000404	***
cod_buque24	0.574601	0.529965	1.084	0.278287	
cod_buque25	-0.112955	0.048951	-2.308	0.021043	*
cod_buque26	-0.21191	0.06861	-3.089	0.002016	**
cod_buque27	0.061942	0.054087	1.145	0.252137	
cod_buque28	-0.098281	0.053018	-1.854	0.063805	.
cod_buque29	0.106338	0.047235	2.251	0.024388	*
cod_buque30	-0.188831	0.117516	-1.607	0.108115	
cod_buque31	-0.041512	0.070014	-0.593	0.553254	
cod_buque32	0.09558	0.05491	1.741	0.081769	.
cod_buque33	0.043035	0.055729	0.772	0.440004	
cod_buque34	-0.123369	0.058608	-2.105	0.035314	*
cod_buque35	-0.159975	0.07894	-2.027	0.042732	*
cod_buque36	-0.008446	0.046168	-0.183	0.854854	
cod_buque37	-0.04705	0.141192	-0.333	0.738964	
cod_buque38	-0.241413	0.057344	-4.21	2.57E-05	***
cod_buque39	-0.043268	0.045269	-0.956	0.339189	
cod_buque40	-0.037814	0.044351	-0.853	0.393895	



Tabla 6. Resultados de Modelo Lineal Generalizado (GLM) aplicado a los datos operacionales de la flota de pesca. MODELO 2.

Coefficientes	Estimado	Error estandar	Estadístico t	Pr(> t)	Significancia
ANO_TRIMESTRE1:Zona1	-0.077263	0.044592	-1.733	0.083185	.
ANO_TRIMESTRE2:Zona1	-0.028745	0.048145	-0.597	0.550491	.
ANO_TRIMESTRE3:Zona1	-0.003679	0.042116	-0.087	0.930398	.
ANO_TRIMESTRE4:Zona1	0.185274	0.050808	3.647	0.000267	***
ANO_TRIMESTRE5:Zona1	0.050735	0.062407	0.813	0.416255	.
ANO_TRIMESTRE6:Zona1	0.099284	0.05148	1.929	0.053805	.
ANO_TRIMESTRE7:Zona1	-0.063141	0.104887	-0.602	0.547191	.
ANO_TRIMESTRE8:Zona1	0.081855	0.057741	1.418	0.156326	.
ANO_TRIMESTRE9:Zona1	0.01851	0.05574	0.332	0.739844	.
ANO_TRIMESTRE10:Zona1	0.088738	0.057734	1.537	0.124313	.
ANO_TRIMESTRE11:Zona1	-0.02245	0.033909	-0.662	0.507942	.
ANO_TRIMESTRE12:Zona1	-0.126414	0.044517	-2.84	0.004523	**
ANO_TRIMESTRE13:Zona1	-0.169377	0.038314	-4.421	0.0000993	***
ANO_TRIMESTRE14:Zona1	-0.070815	0.040928	-1.73	0.083618	.
ANO_TRIMESTRE15:Zona1	0.051618	0.035043	1.473	0.140779	.
ANO_TRIMESTRE16:Zona1	0.009961	0.071915	0.139	0.889842	.
ANO_TRIMESTRE17:Zona1	-0.247879	0.085837	-2.888	0.003886	**
ANO_TRIMESTRE18:Zona1	0.22026	0.039908	5.519	3.48E-08	***
ANO_TRIMESTRE19:Zona1	-0.014118	0.038723	-0.365	0.715434	.
ANO_TRIMESTRE20:Zona1	-0.06111	0.075405	-0.81	0.417712	.
ANO_TRIMESTRE21:Zona1	0.013875	0.271392	0.051	0.959225	.
ANO_TRIMESTRE22:Zona1	0.078375	0.070682	1.109	0.267525	.

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Devianza Nula 2630.1 sobre 11931 grados de libertad
Residual deviance Devianza res 1972.2 sobre 11868 grados de libertad
AIC: 12513



Tabla 7. Resultados de Modelo Lineal Generalizado (GLM) aplicado a los datos operacionales de la flota de pesca. MODELO 3.

Formula: LOG_REND ~ ANO_TRIMESTRE + Zona + ANO_TRIMESTRE:Zona + (1 | cod_buque)

Data: datacpue

REML criterion at convergence: 12671.1

Residuos escalados				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.2721	-0.5682	0.0262	0.5979	3.9733

Efectos aleatorios			
Groups	Name	Variance	Std. Dev.
cod_buque	(Intercept)	0.003826	6.19E-02
Residual		0.165006	0.40621

Número de observaciones: 11932, grupos: cod_buque, 41

Efectos fijos						
Coefficientes	Estimado	Error estandar	Grados de libertad	Estadístico t	Pr(> t)	Significancia
(Intercept)	1.36	0.013	61.670	108.8	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE1	0.36	0.020	10890.000	18.1	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE2	0.03	0.022	11210.000	1.6	1.1E-01	.
ANO_TRIMESTRE3	0.02	0.018	11550.000	0.9	3.8E-01	.
ANO_TRIMESTRE4	-0.01	0.022	11360.000	-0.3	7.9E-01	.
ANO_TRIMESTRE5	0.05	0.027	11880.000	1.7	9.4E-02	.
ANO_TRIMESTRE6	-0.13	0.022	11890.000	-5.7	1.4E-08	***
ANO_TRIMESTRE7	-0.24	0.045	11890.000	-5.2	2.0E-07	***
ANO_TRIMESTRE8	-0.18	0.025	11870.000	-7.0	2.4E-12	***
ANO_TRIMESTRE9	0.30	0.024	11890.000	12.4	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE10	-0.16	0.025	11870.000	-6.3	3.3E-10	***
ANO_TRIMESTRE11	-0.13	0.015	11880.000	-8.9	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE12	-0.43	0.019	11880.000	-22.2	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE13	-0.07	0.017	11790.000	-4.0	6.5E-05	***
ANO_TRIMESTRE14	-0.20	0.018	11890.000	-11.2	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE15	-0.18	0.015	11850.000	-11.5	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE16	0.65	0.032	11750.000	20.6	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE17	0.45	0.037	11860.000	12.0	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE18	0.12	0.017	11870.000	6.9	6.9E-12	***
ANO_TRIMESTRE19	-0.11	0.017	11860.000	-6.4	1.4E-10	***
ANO_TRIMESTRE20	0.29	0.034	11750.000	8.6	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE21	-0.25	0.118	11870.000	-2.1	3.5E-02	*
ANO_TRIMESTRE22	-0.09	0.031	11880.000	-2.8	4.7E-03	**
Zona1	-0.02	0.007	11870.000	-3.0	3.1E-03	**
ANO_TRIMESTRE1:Zona1	-0.03291	0.01931	11850	-1.705	8.83E-02	.
ANO_TRIMESTRE2:Zona1	-0.01244	0.02087	11890	-0.596	0.55107	.
ANO_TRIMESTRE3:Zona1	-0.002367	0.01819	11740	-0.13	0.896449	.
ANO_TRIMESTRE4:Zona1	0.08143	0.02204	11880	3.695	2.21E-04	***
ANO_TRIMESTRE5:Zona1	0.02146	0.02707	11880	0.793	0.42802	.
ANO_TRIMESTRE6:Zona1	0.04228	0.02233	11880	1.893	0.058386	.
ANO_TRIMESTRE7:Zona1	-0.02672	0.04544	11890	-0.588	0.556531	.
ANO_TRIMESTRE8:Zona1	0.03616	0.02501	11890	1.446	0.148255	.
ANO_TRIMESTRE9:Zona1	0.005689	0.02407	11890	0.236	0.813213	.
ANO_TRIMESTRE10:Zona1	0.03944	0.02506	11870	1.574	0.115526	.
ANO_TRIMESTRE11:Zona1	-0.009441	0.01472	11870	-0.641	0.52122	.
ANO_TRIMESTRE12:Zona1	-0.05712	0.01931	11880	-2.958	3.11E-03	**
ANO_TRIMESTRE13:Zona1	-0.07437	0.01662	11880	-4.474	0.0000774	***
ANO_TRIMESTRE14:Zona1	-0.03033	0.01776	11880	-1.708	0.087676	.
ANO_TRIMESTRE15:Zona1	0.021	0.0152	11880	1.381	1.67E-01	.
ANO_TRIMESTRE16:Zona1	0.0003594	0.03121	11880	0.012	0.99081	.
ANO_TRIMESTRE17:Zona1	-0.1082	0.03727	11860	-2.904	0.003686	**
ANO_TRIMESTRE18:Zona1	0.09434	0.01732	11880	5.448	5.2E-08	***
ANO_TRIMESTRE19:Zona1	-0.007471	0.0168	11880	-0.445	0.656595	.
ANO_TRIMESTRE20:Zona1	-0.02799	0.03274	11870	-0.855	0.392612	.
ANO_TRIMESTRE21:Zona1	0.0165	0.1178	11870	0.14	0.88863	.
ANO_TRIMESTRE22:Zona1	0.03563	0.03067	11880	1.162	0.245431	.

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 8. Resultados de Modelo Lineal Generalizado (GLM) aplicado a los datos operacionales de la flota de pesca. MODELO 3.

```
glm(formula = LOG_REND ~ ANO_TRIMESTRE+Zona+Cluster_buque+ANO_TRIMESTRE:Zona,
family = gaussian(link = "identity"), data = datacpue)
```

Devianza residual					
	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-2.51138	-0.18638	0.02376	0.22362	0.99617
Coeficientes					
	Estimado	Error estandar	Estadístico t	Fr(> t)	Significancia
(Intercept)	1.66	0.007	238.8	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE1	0.15	0.016	9.3	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE2	0.07	0.017	4.3	1.8E-05	***
ANO_TRIMESTRE3	0.06	0.014	4.5	8.6E-06	***
ANO_TRIMESTRE4	0.04	0.018	2.0	4.3E-02	*
ANO_TRIMESTRE5	0.07	0.022	3.2	1.4E-03	**
ANO_TRIMESTRE6	-0.05	0.018	-2.8	5.9E-03	**
ANO_TRIMESTRE7	-0.14	0.037	-3.7	2.1E-04	***
ANO_TRIMESTRE8	-0.12	0.020	-5.7	9.9E-09	***
ANO_TRIMESTRE9	0.12	0.020	5.9	3.4E-09	***
ANO_TRIMESTRE10	-0.07	0.020	-3.3	9.8E-04	***
ANO_TRIMESTRE11	-0.06	0.012	-4.6	3.4E-06	***
ANO_TRIMESTRE12	-0.33	0.016	-21.0	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE13	-0.06	0.013	-4.1	3.4E-05	***
ANO_TRIMESTRE14	-0.11	0.014	-7.8	9.8E-15	***
ANO_TRIMESTRE15	-0.08	0.012	-6.7	2.9E-11	***
ANO_TRIMESTRE16	0.26	0.026	10.0	2.0E-16	***
ANO_TRIMESTRE17	0.19	0.030	6.4	2.2E-10	***
ANO_TRIMESTRE18	0.08	0.014	5.4	7.2E-08	***
ANO_TRIMESTRE19	-0.02	0.014	-1.2	2.4E-01	
ANO_TRIMESTRE20	0.14	0.027	5.2	1.8E-07	***
ANO_TRIMESTRE21	-0.09	0.095	-1.0	3.3E-01	
ANO_TRIMESTRE22	-0.04	0.025	-1.7	9.8E-02	
Zona1	0.00	0.006	-0.8	4.5E-01	
Cluster_buque1	-0.4043291	0.0050299	-80.384	2.00E-16	***
ANO_TRIMESTRE1 Zona1	0.0146628	0.0153981	0.952	0.340991	
ANO_TRIMESTRE2 Zona1	-0.0143481	0.0168163	-0.853	0.393551	
ANO_TRIMESTRE3 Zona1	0.0056254	0.0144424	0.39	6.97E-01	
ANO_TRIMESTRE4 Zona1	0.0661127	0.0177634	3.722	0.000199	***
ANO_TRIMESTRE5 Zona1	0.0274487	0.0218948	1.254	0.209988	
ANO_TRIMESTRE6 Zona1	0.0264227	0.0180199	1.466	0.142591	
ANO_TRIMESTRE7 Zona1	-0.0273309	0.0367564	-0.744	0.457153	
ANO_TRIMESTRE8 Zona1	0.0346554	0.0202167	1.714	0.086519	
ANO_TRIMESTRE9 Zona1	-0.0246195	0.0194527	-1.266	0.205678	
ANO_TRIMESTRE10 Zona1	0.0287142	0.0202751	1.416	0.156734	
ANO_TRIMESTRE11 Zona1	-0.0191426	0.0119113	-1.607	1.08E-01	
ANO_TRIMESTRE12 Zona1	-0.0717954	0.0155954	-4.604	0.00000419	***
ANO_TRIMESTRE13 Zona1	-0.0702256	0.0134396	-5.225	0.000000177	***
ANO_TRIMESTRE14 Zona1	-0.0212072	0.0143467	-1.478	1.39E-01	
ANO_TRIMESTRE15 Zona1	0.0010909	0.0122691	0.089	0.929151	
ANO_TRIMESTRE16 Zona1	-0.0004215	0.025225	-0.017	0.98667	
ANO_TRIMESTRE17 Zona1	-0.0334527	0.0302178	-1.107	0.268293	
ANO_TRIMESTRE18 Zona1	0.0333979	0.0140017	2.385	0.017082	*
ANO_TRIMESTRE19 Zona1	-0.0165958	0.0135675	-1.223	0.221278	
ANO_TRIMESTRE20 Zona1	0.0001147	0.0264854	0.004	0.996543	
ANO_TRIMESTRE21 Zona1	0.0683131	0.0952391	0.717	0.473215	
ANO_TRIMESTRE22 Zona1	0.0080962	0.0247849	0.327	0.743932	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Devianza Nula 2630.1 sobre 11931 grados de libertad
Residual devianceDevianza res 1293.7 sobre 11868 grados de libertad
AIC: 7448.1

ANEXO II

Length based pseudo-cohort analysis (LBPA)

Un modelo para pesquerías de datos limitados debería al menos disponer de composiciones de tallas del muestreo de las capturas. Para estos fines se considera el modelo de análisis de dinámica en pseudo-cohortes por recluta en edades propuesto por Canales *et al* (2021). En este modelo, los reclutamientos y las tasas de mortalidad por edad se suponen similares de un año a otro, y la población se considera en equilibrio. En estas condiciones, los estados de las edades sucesivas de la pseudo-cohortes son equivalentes a cualquiera de las cohortes de la población a lo largo del tiempo (Chassot, *et al.*, 2008). El modelo empleado

LBPA (“Length-based pseudo-cohort análisis”) es ajustado a datos de composiciones de tallas de las capturas, con el objeto de estimar el patrón de selectividad, la mortalidad por pesca de completa explotación (F) y la proporción de biomasa desovante virginal por recluta (SPR). (Canales *et al.*, 2021; Hordyk *et al.*, 2015).

El modelo considera la sobrevivencia por recluta a las distintas clases de edades (N_a), sujeta a fuentes de mortalidad natural (M) y mortalidad por pesca (Eq. 2) edad-específico F_a .

$$N_a = \begin{cases} 1 & a = a_r \\ N_{a-1}S_{a-1} & a > a_r \\ N_a/(1 - S_a) & a = A + \end{cases} \quad (1)$$

$$S_a = e^{-F_a - M} \quad (2)$$

Donde a es la edad y A+ representa el grupo plus. La mortalidad por pesca a la edad F_a considera la hipótesis de separabilidad (Eq. 3), expresada como el producto entre la mortalidad por pesca de los grupos de edad

completamente reclutados (F) y un efecto edad-específico o selectividad ϕ_a modelado en forma logística en función de la talla a la edad (Eq. 4).

$$F_a = \phi_a F \quad (3)$$

$$\phi_a = \pi_{l,a} \left(1 + e^{-\log(19) \left[\frac{l-L50}{\Delta} \right]} \right)^{-1} \quad (4)$$

Donde l es la talla, L_{50} la talla a la cual el 50% de los individuos están reclutados a la explotación y Δ un parámetro de inclinación. La ecuación de captura de Baranov (Eq. 5)

$$C_a = \left(\frac{F_a}{F_a + M} \right) N_a (1 - S_a) \quad (5)$$

$$\hat{C}_l = \pi_{l,a} C_a \quad (6)$$

$$\pi_{l,a} = \int_{l_i}^{l_{i+1}} e^{-0.5 \left(\frac{l-L_a}{\delta_a} \right)^2} dl \quad (7)$$

donde $\pi_{l,a}$ está determinado por los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy (Eq. 8) (Loo y k), y el coeficiente de variación de la talla a la edad (cv) (Eq. 9). Este último

$$L_a = L_{a-1} e^{-k} + L_{00} (1 - e^{-k}) \quad (8)$$

donde la talla promedio inicial define la talla a la edad del reclutamiento L_r , y

$$\delta_a = \alpha + cv L_a \quad (9)$$

Finalmente, la proporción de tallas predicha por el modelo, la cual representa la

$$\hat{p}_l = \frac{\hat{C}_l}{\sum_l \hat{C}_l} \quad (10)$$

es aplicada para generar la composición de edades de las capturas, y luego es convertida a tallas (l) (Eq. 6) por medio de una matriz de probabilidad de la talla a la edad $\pi_{l,a}$ (Eq. 7).

parámetro fue supuesto igual a 0.1. La talla esperada a la edad es modelada en la forma de Ford-Walford.

variabilidad de todos los años considerados en el análisis, se estima como:

Conocidos los parámetros del modelo, la biomasa desovante por recluta (SSBPR) es calculada como:

$$SSBPR = \sum_l \left(\pi_{l,a} (N_a e^{-\delta z_a}) \right) O_l w_l \quad (11)$$

donde δ es la fracción del año donde ocurre el desove, O_l es la proporción de madurez a la talla y w_l es el peso promedio a la talla. Del mismo modo, la biomasa desovante virginal por recluta SSBPR0 es calculada considerando las Eqs.1 y Eq.11 sin explotación ($Z=M$). El potencial reproductivo (SPR) es entonces calculado como la razón entre SSBPR y SSBPR0. El modelo se encuentra codificado en ADMB y puede ser descargado desde <https://github.com/criscan/LBPA>

LBPA (Ec. 1-10) fue codificado en ADMB (www.admb-project.org). Los parámetros ($\theta = [F, A_{50}, \Delta, L_{a_r}]$) son estimados usando máxima verosimilitud penalizada (De Valpine and Hilborn, 2005; Methot and Taylor, 2011; Hutchinson *et al.*, 2015). Se asumió que los datos de frecuencia de tallas eran multinomiales, mientras que los parámetros estimados (θ) se penalizaron (en espacio logarítmico) utilizando un enfoque semi-bayesiano (Cole *et al.*, 2013):

$$ll = -N' \sum_y \lambda_y \sum_l p_{l,y} \log \log (\hat{p}_l) + \sum_j \left(\frac{\log \log (\theta_j) - \log \log (\hat{\theta}_j)}{\sigma_{\theta_j}} \right)^2 \quad (12)$$

donde N' es el tamaño efectivo de la muestra (e.g., $N' = 100$), $p_{l,y}$ es la proporción observada de la captura en el año y en la clase de talla l , \hat{p}_l es la proporción predicha de la captura en la clase de talla l (igual en todos los años), y L_y es un factor de peso de la muestra respectiva del año y.

El segundo término en la ecuación 11 son las penalizaciones del modelo, donde θ_j es el valor a priori del j -ésimo parámetro del modelo y σ_{θ_j} es la desviación estandar de la j -ésima penalización del parámetro en el espacio logarítmico.

ANEXO III

Modelo de Evaluación de Stock en Longitudes (MESTOCKL)

El modelo MESTOCKL es un modelo integrado de evaluación de stock que considera dinámica en edades y observaciones en tallas. El modelo permite incluir composiciones de tallas de las capturas y campañas (si están

disponibles), además de series de índices de abundancia y las estadísticas de pesca. El modelo resuelve parámetros en un contexto semi-bayesiano sujeto a distribuciones a priori de los parámetros empleados.

Proceso	Ecuación
<p>Sobrevivencia</p> <p>a es la edad y t es el año $A+=$ Edad grupo plus</p>	$N_{a,t} = N_{a-1,t-1} S_{a-1,t-1}$ $N_{A+,t} = N_{A-1,t-1} S_{A-1,t-1} + N_{A,t-1} S_{A,t-1}$ $S_{a,t} = \exp(-Z_{a,t})$
<p>Mortalidad total</p> <p>F_t es el efecto anual o mortalidad por pesca de completo reclutamiento. M es la mortalidad natural anual y ψ_a la selectividad</p>	$Z_{a,t} = M + F_t \psi_a$
<p>Selectividad</p> <p>Donde $A50$ es la edad al 50% de retención y σ el parámetro de dispersión.</p>	$\psi_{a,t} = \begin{cases} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_1^2}(a - A50)^2\right] \\ \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_2^2}(a - A50)^2\right] \end{cases}$
<p>Población inicial</p>	$N_{a=1,t=1} = R_0$ $N_{a,t=1} = N_{a-1,t=1} e^{-Z_{a,t=1}}$ $N_{A,t=1} = N_{a=1,t=1} / (1 - e^{-Z_{a=1,t=1}})$

Proceso	Ecuación
<p>Reclutamiento anual</p> <p>$\delta_{t-1} \sim N(0, \sigma_R^2)$ (prior), $\sigma_R=0.6$ $\ln R_0 \sim U[0, +\infty]$ BD: biomasa reproductiva, R_0 reclutamiento virginal y BDo biomasa rep. virginal estimada a partir de R_0.</p>	$N_{a=1,t} = \frac{\alpha BD_{t-1}}{\beta + BD_{t-1}} e^{-\delta_t}$ $\alpha = \frac{4hR_0}{5h-1}; \beta = \frac{(1-h)BD_0}{5h-1}$
<p>Capturas estimadas en edad y año</p>	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$
<p>Capturas estimadas por longitudes y año</p>	$\hat{C}_{l,t} = P_{l,a} C_{a,t}$
<p>Probabilidad de la Longitud a la edad Donde: l es la Longitud, L_{00} y k los parámetros de crecimiento (k anual), σ_a la desviación de la talla a la edad</p>	$P_{l,a} = \int_{l_1}^{l_2} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_a^2}(l - L_a)^2\right\} dl$ $L_a = L_{00}(1 - e^{-k}) + e^{-k}L_{a-1}$ $\sigma_a = a + bL_a$
<p>Desembarques en peso</p> <p>w_l es el peso teórico a la Longitud supuesto invariante entre años</p>	$\hat{Y}_t = \sum_l C_{l,t} w_l$

Proceso	Ecuación
<p>Reclutamiento anual</p> <p>O_l corresponde a la ojiva de madurez sexual a la Longitud. El desove se supone anual de acuerdo con dos reclutamientos anuales</p> <p>dt es la fracción del año del período de desove</p>	$B_t = \sum_l (P_{l,a} N_{a,t}) w_l$ $BD_t = \sum_l P_{l,a} (N_{a,t}) w_l O_l e^{-dtZ_{l,a}}$
<p>Indices de abundancia (CPUE)</p> <p>q es la capturabilidad y el factor Δt corresponde a la fracción del año donde este ocurre.</p>	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_I^2} \sum_t \left(\frac{\log \hat{I}_t}{\log I_t} \right)^2 + cte$
<p>Proporción de longitudes en la captura</p>	$\hat{p}_{l,t} = \frac{P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}{\sum_l P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}$

Modelo de los errores y función objetivo

Función/fuente	-log-verosimilitud
<p>Indices de abundancia y desembarques</p> <p>σ_I es la desviación estándar del índice o desembarques en escala logarítmica (logaritmo natural)</p>	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_I^2} \sum_t \left(\frac{\log \hat{I}_t}{\log I_t} \right)^2 + cte$
<p>Proporción de la captura por intervalo de longitud</p> <p>corresponde a las capturas por longitud, y n_l es el tamaño de muestra efectivo empleado para las longitudes.</p>	$-l(p) = \sum_l n_l p_{l,t} \ln \hat{p}_{l,t}$
<p>Función objetivo</p> <p>Estimación bayesiana: Corresponde al negativo de las sumas de log-verosimilitud marginales mas el logaritmo de las priors (π).</p>	$\sum l(x) + \sum \pi(\theta)$

ANEXO IV

Presentaciones Taller de resultados 9 julio 2021

TALLER DE RESULTADOS PRELIMINARES

Evaluación Indirecta de la población de Camarón Pomada (*Protrachypene Precipua*) del Golfo de Guayaquil, Ecuador.

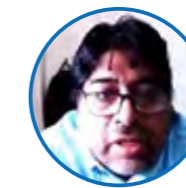
Facilitadores: Cristian Canales, Mauricio Ibarra



Francis Nicolaides



Cristian Canales



David Chicaiza



Mauricio Ibarra



Fedra Solano

TEMAS A TRATAR

Horario: 9:00-12:00 (Ecuador)

9:00

- * Presentación
- * Parámetros de historia de vida (Mauricio)
- * Estandarización de la CPUE (Mauricio)
- * Generación de las estadísticas de desembarques (David)

10:30

- * Modelo de evaluación (Cristian)
- * Evaluación LBPA (Cristian)
- * Evaluación MESTOCK y análisis de casos (Cristian)

*Cierre

Las presentaciones fueron puestas a disposición en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Wu5VJznrwHyaHYFSK8yR5aXG84UbVr9T?usp=sharing>

